华章教育

THOMSON

经济教材译丛

博弈论

战略分析入门

Game Theory: A Non-Technical Introduction to the Analysis of Strategy

(美) 罗杰 A. 麦凯恩 (Roger A. McCain) 著

原毅军 陈艳莹 张国峰 等译

机械工业出版社
China Machine Press

VISIT…

LANZAROTE Caliente.com

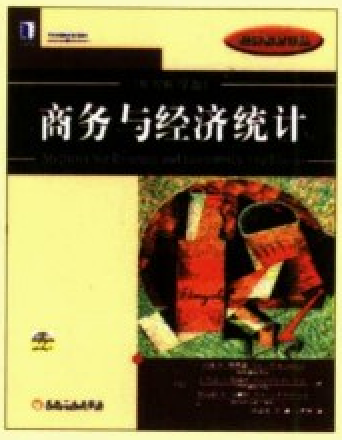
充分体验学习博弈论的乐趣!

本书主要针对经济学专业入门课程和非经济学专业学生编写，是一本全面介绍博弈论的具有指导意义的入门教材。

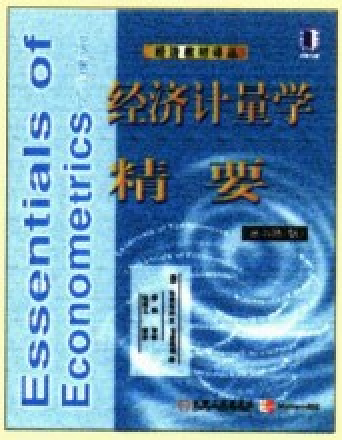
阐释清晰：本书以基础性知识作为重点，以清晰的思路和简洁明了的方法阐述了博弈论知识及其应用，并覆盖了所涉及的各个学科。全书讲解深入浅出，循序渐进，具有很强的逻辑性。每章开头的“预备知识”介绍了学习该章之前应该已经掌握的内容，增加了章节安排的灵活性；同样位于各章开头的“本章主要概念”介绍了该章将会出现的关键概念，以使学生对整章内容有所准备。

案例生动：案例是本书的一种重要讲解工具，涉及商业、拍卖、军事、生物学和博彩等方面，不仅使概念的引出更加生动，而且能够激发读者的全面思考。方便学生理解的应用实例及各章后面的“练习与讨论”，不仅进一步阐释了博弈理论，而且涉及不同的学科领域，既可以用来检验学生的知识掌握程度，也可以作为教师的课堂问题。

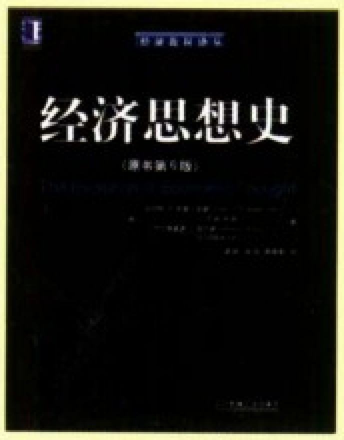
结构科学：对一般的导论性教材中并未特别说明或不会涉及的概念、容易混淆的概念，本书也做了必要的解释。书中没有涉及过多、过于复杂的数学计算，而是设置了部分选修章节，介绍一些与概率相关的概念，详细分析解读，对于只想简单了解博弈论的读者来说，略去选修章节，不会影响全书逻辑的连贯性。



书号：7-111-17490-9
定价：89.80元（附光盘）



书号：7-111-07962
定价：38.00元
（3e即将出版）



书号：7-111-12423-5
定价：55.00元

上架指导：经济学

ISBN 7-111-18644-3

9 787111 186441

投稿热线：
(010) 88379007
购书热线：
(010) 68995259, 68995261
读者信箱：
hzjg@hzbook.com

THOMSON
www.thomsonlearningasia.com

封面设计·锡 彬

华章网站 http://www.hzbook.com

网上购书：www.china-pub.com

ISBN 7-111-18644-3/F・2987
定价：42.00元

经济教材译丛

博弈论

战略分析入门

Game Theory: A Non-Technical Introduction to the Analysis of Strategy

(美) 罗杰 A. 麦凯恩 (Roger A. McCain) 著
原毅军 陈艳莹 张国峰 等译

机械工业出版社
China Machine Press

本书主要针对经济学专业入门课程和非经济学专业学生而编写，是一本全面介绍博弈论的具有指导意义的书籍。本书以基础性知识作为重点，以清晰的思路和简洁明了的方法阐述了博弈论知识及其应用，并覆盖了所涉及的各个学科。其中，案例是一种重要的讲解工具，它不仅使概念的引出更加生动，而且能够激发读者的全面思考。

Roger A. McCain. Game Theory: A Non-Technical Introduction to the Analysis of Strategy.

ISBN 0-324-17572-8

Copyright © 2004 by South-West, a division of Thomson Learning.

Original language published by Thomson Learning (a division of Thomson Asia Pte Ltd).

CMP is authorized by Thomson Learning to publish and distribute exclusively this simplified Chinese edition. This edition is authorized for sale in the People's Republic of China only (excluding Hong Kong, Macao SAR and Taiwan). Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. No part of this publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

All rights reserved.

本书原版由汤姆森学习出版集团出版。本书中文简体字翻译版由汤姆森学习出版集团授权机械工业出版社独家出版发行。此版本仅限在中华人民共和国境内（不包括中国香港、澳门特别行政区及中国台湾地区）销售。未经授权的本书出口将被视为违反版权法的行为。未经出版者预先书面许可，不得以任何方式复制或发行本书的任何部分。

版权所有，侵权必究。

本书法律顾问　北京市展达律师事务所

981-265-146-2

本书版权登记号：图字：01-2005-1237

图书在版编目（CIP）数据

博弈论：战略分析入门/（美）麦凯恩（McCain, R. A.）著；原毅军等译. —北京：机械工业出版社，2006. 5

（经济教材译丛）

书名原文：Game Theory: A Non-Technical Introduction to the Analysis of Strategy

ISBN 7-111-18644-3

Ⅰ. 博…　Ⅱ. ①麦…　②原…　Ⅲ. 对策论－教材　Ⅳ. O225

中国版本图书馆CIP数据核字（2006）第020184号

机械工业出版社（北京市西城区百万庄大街22号　邮政编码　100037）

责任编辑：　李欣玮　　　版式设计：刘永青

北京诚信伟业印刷有限公司印刷 · 新华书店北京发行所发行

2006年5月第1版第1次印刷

787mm × 1092mm 1/16 · 18.25印张

定价：42.00元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

本社购书热线：(010) 68326294

投稿热线：(010) 88379007

译者序

在现代经济学的发展中，数学与经济学结下了不解之缘。作为经济学的研究对象，人的行为变幻莫测，具有很大的不确定性；由人的行为所产生的经济关系变化错综复杂，极大地增加了经济研究的难度。因此，经济学家不得不借助数学方法分析人的行为的本质特征，揭示经济系统运行的内在规律。数学方法在经济学研究中的应用渗透到几乎所有经济学分支学科领域，尤其是经济学的研究方法中，而博弈论是对现代经济学的发展产生意义深远影响的一种重要方法。

博弈论是一种以数学为基础、研究对抗冲突中最优解决问题的方法。20世纪初，西方国家的一些数学家们开始研究棋牌类游戏中的对抗问题，这些早期研究成为博弈分析的开端。1944年，数学家约翰·冯·诺伊曼与经济学家奥斯卡·摩根斯坦合作完成并出版了《博弈论与经济行为》一书，标志着博弈论应用进入经济学研究的广阔领域。该书中提出的标准式、扩展式和合作型博弈模型解的概念和分析方法，奠定了这门学科的理论基础。在20世纪50年代，合作型博弈的研究和应用达到了巅峰期。然而，由于诺伊曼的博弈论过于抽象，其应用范围受到很大限制。1950～1953年间，美国普林斯顿大学数学系的约翰·纳什发表了四篇有划时代意义的论文，证明了非合作博弈均衡的存在性，并提出对合作博弈的研究可通过简化为非合作博弈形式来进行，从而揭示了博弈均衡与经济均衡的内在联系，把博弈论的研究和应用推进到一个新的阶段。20世纪70年代和80年代，重复博弈、随机博弈、策略均衡、谈判理论、信誉模型、多人博弈等领域的研究取得了重大突破，较为完善的博弈论的理论体系逐渐形成。由于在经济学中的广泛应用，经济学家们把博弈论视为经济分析的最合适的工具之一。到20世纪90年代，博弈论已融入主流经济学，用博弈论方法分析经济问题成为一种时髦。1994年，诺贝尔经济学奖授给了三位博弈论专家：纳什、泽尔腾和海萨尼，表明了博弈论在主流经济学中的地位及其对现代经济学的影响与贡献。

由于博弈论源于数学，多数有关博弈论及其应用的教科书都充满了数学表达式，使得非数学专业的读者望而却步。如何用通俗易懂、非数学性的表述方式把博弈论的精髓介绍给广大读者，更好地发挥博弈论在解决经济问题中的作用，是任何一位撰写博弈论教材的作者必须面对的挑战。我们翻译的这本由美国经济学家罗杰 A. 麦凯恩撰写的著作，就是较好地处理了这一问题的教科书。本书的特点集中体现在三个方面：

第一，虽然是为博弈论初学者准备的一门入门教材，但内容却基本涵盖了博弈论的整个理论体系。作者按照由简单到复杂、由一般到特殊的次

序，系统介绍了非合作博弈、合作博弈和序贯博弈的基础知识，而有关合作博弈的内容通常只有高级博弈论教材才会涉及。书中还介绍了三人博弈、相关均衡等博弈论的最新前沿，这也是一般的博弈论初级教材所不具有的。

第二，力求避开运用微积分等数学方法，尽可能以清晰的思路和简洁明了的方法阐述博弈论知识。本书从头至尾除了一些简单的图表和代数式之外，没有任何繁琐、复杂的数学推导过程。作者以通俗易懂的文字和图表叙述方式讨论抽象的博弈模型，使得读者在不需要掌握艰深的概率论和高等数学知识的情况下，就能领会博弈论的精髓。

第三，利用大量的案例分析使概念和理论便于理解，同时激发读者的积极思考。案例多是本书最大的一个特色，全书使用了近200个案例，涉及的领域包括生物、商业、影视作品、体育、军事、法律和国际政治等，涵盖了日常生活的方方面面。书中注重结合案例介绍每一个知识点，不仅有利于激发读者阅读本书的兴趣，更能使读者在较短时间内掌握运用博弈论的知识解决问题的能力。

构成本书内容的22章分为五个部分。第一部分介绍博弈论的基础性知识，重点阐述了标准式博弈、扩展式博弈以及它们之间的相互关系。第二部分从“囚徒困境”的例子人手，引出了社会两难的概念，进而分析了作为合作解的占优战略均衡。这一部分论述的重点包括双人博弈中的纳什均衡、双人博弈、零和博弈、最大最小法则、三人博弈、多人博弈以及非合作均衡，并把博弈论应用到对混合战略和寡头定价问题的分析上。第三部分重点分析博弈的合作解，包括解集与核，运用大量的跨学科案例解释博弈的合作解的含义，并阐述核在经济中的应用。第四部分阐述了序贯博弈和子博弈完美均衡的概念，讨论了嵌套博弈、嵌人博弈和重复博弈之间的关系，以及它们的应用。第五部分的重点是结合社会经济的实践问题阐述博弈论的应用，其内容涉及金融管理机构等权力部门的威胁可信性问题、投票博弈问题分析、博弈论在社会机制的设计和拍卖中的应用。

本书的翻译出版是集体合作的成果。大连理工大学经济系的教师陈艳莹、张国峰、张荣佳和马艳艳，以及博士研究生孙晓华、刘超、董琨和田宇参与了翻译，陈艳莹参与了全书的审校。在翻译过程中，我们在保证译文准确的前提下，力求文字通俗易懂。译文中若有不妥之处，敬请读者给予批评和指正。

原毅军

2006年3月于大连

前言

博弈论是20世纪后50年新兴的研究领域，因其在商业、拍卖、军事、生物学和博彩等方面的广泛应用，越来越被人们所关注。1994年约翰·纳什与人分享了诺贝尔经济学奖，2001年根据纳什生平改编的电影又得以成功上映，这更使得博弈论备受瞩目。博弈论源于数学，不过从一开始，博弈论研究就不仅包含着数学方法，还融入了实验手段。之后，博弈论逐渐跨越多个学科，广泛应用于经济学、政治学、哲学、商业以及国际关系的分析之中，成为理解人类行为的有力工具。20年前，如果想要了解关于博弈论的非技术性介绍，也许只能参阅莫登·戴维斯（Morton Davis）的著作《博弈论：非技术性导论》；如果想要阅读对博弈论应用具有指导意义的书籍，就只有谢林（Schelling）的《战略冲突》可供参考。近几年，尽管博弈论在很多方面都取得了长足发展，但该领域大多数重要概念依然可以用上述书籍中直观的非技术性方式加以解释，本书也将采取类似的非技术性手段介绍博弈论。

本书力求以清晰的思路和简洁明了的方法阐述博弈论知识，并尽量覆盖所涉及的各个学科。其中，案例是一种重要的讲解工具，它不仅可以使概念的引出更加生动，而且能够激发读者的全面思考。同时我们将尽量避开微积分等数学知识的应用。当然要想达到上述所有目标，必须有所权衡和取舍。作为经济学家，本人对引用经济和商业案例情有独钟，但为了避免过多地引用这类案例，在各章（第2章除外）也尽可能地列举了一些非经济领域的实际问题，如海军冲突（虽然多数是杜撰的）、音乐戏剧和体育比赛等，事实上，跨学科的研究方法会使博弈案例自然而然地涉及不同的学科领域。

全书结构

尽管本书以基础性知识作为重点，但前两章还是介绍了标准式博弈和扩展式博弈之间的关系，这在其他教科书中并未涉及，其原因在于：第一，扩展式更加直观，符合一般人心目中博弈的概念；第二，标准式和扩展式博弈的关系很容易混淆，即使在专业教材里也是如此。为了使本书脉络明晰，对扩展式博弈和标准式博弈、随机事件和相机战略等相关概念进行解释是非常必要的，拥有其他写作目的的博弈论教科书可能并未特别说明这些内容，但这些内容却是学习本书的读者需要掌握的。

第3章详细阐述了囚徒困境的概念，并引出了社会两难（social dilemma）这一术语。该术语在欧洲时常出现，在北美也越来越普遍，

它让我们得以区分囚徒困境作为一个特殊例子与现实中一般情形之间的差别。该章的另一个重要内容是作为合作解的占优战略均衡的提出。几乎所有占优战略均衡的讨论都集中在社会两难问题上，不过需要强调的是，占优战略均衡并不一定是缺乏效率的，有时也是有效率的，而多数教科书没有对此给予必要的解释。

第4章和第5章介绍了双人博弈中的纳什均衡。第4章的例子比较新颖，与仅仅引用一些比较传统例子相比，这些新例子能够更加系统地阐明纳什均衡的各种可能。第5章介绍了性别大战和胆小鬼博弈等人们所熟知的2 × 2博弈、零和博弈以及最大最小法则(maximin criterion)。依照教学目标的不同，教师可以选择略过第5章，或者把第5章安排在其他章节的后面。

对于三人博弈的内容，不同教材所用的篇幅差别很大。本书认为，详尽阐述三人博弈主要有两方面好处：其一，可以为学生提供一些由简单数据表格表示的多人博弈方面的训练；其二，籍由三人博弈，我们能够解释那些无法用两人博弈而只能用多人博弈解释的现象，多数教科书没有对此予以充分重视。就我个人的判断，三人博弈最重要的新现象是联盟形成的可能性，甚至非合作博弈也出现了联盟。在案例方面，“政治联盟中的拆台者”是多数教科书都提到的一个三人博弈的案例。另外，因循守旧产生的群体博弈也是非常具有学习价值的，这些都只能通过三人博弈分析，双人博弈无法做到。鉴于三人博弈的重要性，第6章成为本书的关键部分。

本书的编写对象是那些没有概率和统计知识背景的学生，因此我们就有必要介绍一些与概率相关的概念，这是第7章的主要内容。第8章重点研究混合战略，以往的经验告诉我们，对普通学生而言，混合战略难于理解且有悖于常人直觉，因此在分析过程中该章详细讲解了那些读者可能遇到的认知困难。

第9章 “非合作均衡的深入讨论”是选修章节。该章首先介绍了反复剔除劣战略的方法，虽然它算不上是一个深奥的概念，但是对于区分强劣战略和弱劣战略之间的差别非常重要，所以此处加以特殊说明。接着，我们提出了20年前学者们就开始研究的与纳什均衡相对的另一种均衡——相关均衡。一般的导论性教材中不会涉及这个概念，本书将其纳入第9章主要是基于以下三点原因：首先，在合作博弈中，相关均衡是比纳什均衡更加理想的描述协调博弈中完全理性行为的概念，尤其在协调成本比较低的情况下；其次，相关均衡阐明了混合战略的效力，特别是非合作博弈出现联盟的时候；最后，它解答了电影《美丽心灵》中的金发女郎问题。《美丽心灵》是很多章节都提到过的一部电影，它的拍摄对博弈论产生了深远的影响。后来，理性行为观点在音乐剧《红男绿女》中得到进一步阐明。另外，这两个例子还揭示了全面分析在博弈中的必要性，即不要忽视联盟与混合战略出现的可能性。

第10章同样是选修章节，介绍了寡头垄断定价模型，供学习工商管理和经济学专业的学生使用，其他专业可以略过。由于对微积分知识的回避，该章省略了更多的数学推导。特别地，我们用标准式博弈来分析古诺均衡，尽管经济学家对此感到不解，但是这种做法更易于将古诺均衡与埃奇沃斯等很多其他博弈模型进行比较。学生可能会混淆古诺均衡与埃奇沃思均衡，经过采取同一种分析方法，两者之间的区别就更加明显了。另外，该章借鉴盖莫沃特近期著作的研究思路，给出了一个非常简单的混合战略定价博弈的案例。在附

录中，我们介绍了古诺均衡和盖莫沃特模型，当然这只包含少量微积分和数学统计知识。教师可以将附录的内容作为一章在课堂上进行讲授。

第11章多人博弈主要讨论了一些经济学中广泛应用的简化假设，以阐述其他教材没有解释清楚的内容。其中有两个重要假设，一是经济学家所熟知的代表经济人假设，另一个是关于状态变量的假设，它主要运用于微分博弈和其他博弈中。状态变量是对原有变量的一种扩展，在群体的相互作用中可以更加准确地表示价格、利息、交通工具的使用频率等重要信息。

第12章和第13章重点研究了博弈的合作解，具体来讲就是解集与核。大多数教科书并不探讨博弈的合作解，只有高级博弈论才会涉及这方面的内容。同时，由于经济学家在博弈论发展中的作用不断提升，且经济学家总是不相信合作，因此非合作概念已经占据了主导地位。合作解的实现比纳什均衡要难，但在本书中它是不可或缺的一部分内容：第一，虽然解集与核不是近来博弈论探讨的重点，但仍然有很多关于它们的实证研究，合作解是正确的方案，对其进行说明是必要的；第二，为了完全理解社会两难以及其他与合作解相悖的纳什均衡，需要事先对合作解特别是解集有一定的了解；第三，非合作序贯博弈的某些阶段可能是合作的，所以用后向归纳法解决序贯博弈问题会出现合作解。第12章有意识地融入了跨学科内容，既包括经济和商业案例，也包括政治和国际联盟方面的案例。第13章的目的是阐述核在经济中的应用，非经济学专业的学生可以略过该章。对于只想简单了解非合作解的读者来说，略掉第13章，或者将第12、13章同时略掉不会影响全书逻辑的连贯性。

第14章介绍了序贯博弈和子博弈完美均衡的概念，第15章把前一章讲述的原理应用到嵌套博弈和嵌入博弈中。这种应用一是可以为子博弈完美均衡提供更深层次的应用实例，方便学生理解，二是分析了人们改变嵌套博弈规则的可能性，不仅进一步解释了在人类创造力驱动下不断进化着的博弈理论，而且自然而然地引出了政治应用和机制设计，这是其他例子所做不到的。在术语创新中，该章区分了嵌套博弈（其他博弈的子集）与嵌入博弈的不同，嵌入博弈是适当子博弈，因此在子博弈完美均衡条件下必然达到均衡。

第16、17章讨论了重复博弈，其中第16章假定博弈回合有明确的终止点，而第17章假定博弈会无限重复地进行，这两章连同前面的第1、8、11和14章构成了本书的核心内容。

第18章阐述了社会机制设计及其在法律中的应用，讨论了金融管理机构等权力部门的威胁可信性问题。该章既不进行复杂的机制设计，也不具体讲解金融管理机构应该采用的博弈论方法，只是为了让学生知道这类研究的存在。对该部分感兴趣的同学，可能还需要学习两门以上相关的高级课程。

第19章介绍了投票博弈分析的主要思想，是全书对博弈论的最重要应用。该章开始于对投票选举中单峰偏好的分析，同时强调了战略性投票与自然投票的区别，说明没有一种投票机制能够总是满足理性的标准。整章内容更加强调实例，而不是数学推导，所以并没有过分强调阿罗定理。

第20章以经过慎重斟酌且具有代表性的事例为依据，介绍了博弈论的实验研究。该章强调了有限理性与完全理性、利己主义与利他动机之间的对立关系。第21章则探讨了博弈论在拍卖中的应用，这是博弈论应用走向成熟的一个标志。由于实验研究在拍卖理论中的

关键作用，所以我们把有关拍卖的内容放在第21章这个特殊的位置。最后，本书以介绍博弈论与进化论关系的第22章作为结尾，既包括生物学知识，也包括社会学内容，另外还对实验和无限重复博弈的相关内容进行了回顾。

对于讲授博弈论的教师，我想要说的是：学习和讲授博弈论都是非常令人高兴的事情，希望你们能够从中体会到乐趣。

各章内容安排

- **预备知识**：每章开头介绍了学习该章之前应该已经掌握的内容，这种做法可以让学生了解哪些知识是必要的，哪些是可以略过的，增加了章节安排的灵活性。
- **本章主要概念**：同样位于各章开头的“本章主要概念”介绍了该章将会出现的关键概念，以使学生对整章内容有所准备。
- **小结**：正文末尾的小结可以帮助学生回顾全章的主要内容。
- **练习与讨论**：各章后面的练习既可以用来检验学生的知识掌握程度，也可以作为教师的课堂问题。

案例索引

分类	案例名	所属章节
生物学	蝴蝶博弈*	22
	鹰鸽博弈与进化	22
	青蛙配对博弈	6、22
	污水中的博弈	22
商业	广告博弈	1、8、16
	代理——CEO的报酬问题*	15
	石油勘探权拍卖	21
	促销博弈	8
	商业伙伴*	12
	照相机拍卖	21
	CEO博弈（安若伯公司）*	17
	合作产品研发	3
	公司合伙人*	15
	国家风险*	7
	努力困境*	3、17、20
	免费样本*	15
	迂回较量*	14
	免费时间*	1、3
	有效信息市场	22
	研发投资*	7

（续）

分　类	案 例 名	所属章节
商业	雇用关系中的互惠原则	20
	引进新产品	7
	欧尼公司*	14
	市场进入博弈	2、14
	房地产开发	12
	选址博弈1	4、9
	选址博弈2*	4
	互补服务的选址*	9
	股票投资建议	6
	遏制进入的战略性投资	14
	罢工*	14
	袋泡茶*	14
	游客的陷阱*	17
	培训博弈*	3
	加入国际协会后的罢工	15
电影情节	金发女郎问题	1、4、9
	纳森 · 德特的两难	9
	马耳他之鹰	15
	山姆侦探	15
经济学†	伯特兰-埃奇沃思（寡头）模型	10
	自行车交易	12
	合谋定价	17
	古诺（寡头）模型	10
	热狗定价（商贩的价格竞争）	15、16、17
	椰子博弈（迂回生产）	14
	约翰 · 贝茨 · 克拉克博弈*	12
	协调博弈	11
	市场博弈	13
	矿泉水博弈（价格竞争）	5
	混合战略定价博弈	10
	垄断	13
	纳特尔竞价博弈*	10
	专利*	18
	非弹性需求的价格竞争*	10
	公共物品提供博弈	6、11、13
	试算法博弈	11
	卖水博弈*	6

（续）

分类	案例名	所属章节
环境与城市政策	打井博弈	8
	顺风车	12
	通勤者博弈	11
	垃圾处理博弈	3
	捕鱼业*	11
	采牡蛎者博弈*	6
	保存*	18
	环境博弈*	20
	公地悲剧	11
医疗政策与管理	医疗实践*	6、9、11
历史（除军事之外）	女王的难题*	2
	赶集日	4
史前人类	合作狩猎	22
	分享食物	22
	史前游戏*	12
	沉默交易*	22
国际关系	国际联盟	6、12
法律与强制执行	建造防洪堤*	18
	逃跑博弈	4、8
	越狱*	2、4、8
	责任	18
	专利博弈*	11
	道路冲突*	14、20
生活方式	收藏艺术品	7
	艺术品转售	7
	艺术品投保	7
	乐队博弈*	12
	认罪博弈（抽签）	9
	群体博弈	6、9、11、22
	离婚*	14
	开车博弈*	4、5
	正确驾驶*	11
	寻找保姆*	6、9
	熨衬衫博弈	16、17
	排队博弈	11
	集邮爱好者困境	21
	露营者的难题	16、17

（续）

分　类	案 例 名	所属章节
媒体及IT业	电磁波频段拍卖	21
	竞猜博弈	5
	信息系统选择博弈*	12
	选择电台节目形式	4、9
	易趣拍卖	21
	网络阻塞*	11
气象学	银色圣诞	7
陆海军	圣文森特海角战役	7
	反击	14、15
	军力调拨博弈	2
	毒气	3、17
	布尼战争*	8
	西班牙叛乱	1、2、14
	恐怖活动	16
政治与政府机构	国会僵局	16、17
	芬兰总统选举	19
	中欧议会的政党	12
	政治立场	3
	猪肉桶政治*	19
	竞选*	3
	拆台者	6
	1968年美国总统选举*	19
	1992年美国总统选举	19
	2000年美国总统选举	19
娱乐与博彩游戏	骰子	7
	二十面骰子*	7
	彩票*	7
	猜便士比赛*	1、4、5、8
	国际象棋*	2
	尼姆游戏	1、2
	石头，剪刀，布	4、8
	音乐剧中的赌徒	7
运动	美式足球*	8
	棒球	8
	板球*	14
理论‡	埃尔和乔治	8
	性别大战	5、16

（续）

分　类	案例名	所属章节
理论‡	蜈蚣博弈	14、15、20
	连锁店悖论	16
	胆小鬼博弈	5
	听话博弈	2
	鹰鸽博弈	5、11
	推与不推博弈	4、5、20
	抢座博弈*	12
	三战略博弈	20
	仁慈政府部门的悖论	18
	偿还博弈*	20
	囚徒困境	1、2、20
	重复的社会两难	22
	最后通牒博弈	20
	抽签问题*	7
	消耗战*	14
大学生活	鉴定*	15
	院长的谈判*	15
	派对的执行委员会	19
	选课博弈	9
	小组项目的评分问题	18
	教务会上的僵局*	19
	赖账者——乔	16
	博士学习计划	15
	姐妹成绩博弈*	2、4
	教科书博弈	3、4

说明：* 为练习中出现的案例。

† 该类中的例子也是经济学中的例子。博弈论与经济学有类似的假设，即人都是理性的，都想要最大化其收益。因为这些例子都是经济学中的模型或问题，所以可以直接应用于此。

‡ 该类中的例子没有进行详细介绍。其中，有的例子只说明了博弈理论的一个方面，有的例子只出现在实验研究中，而有的例子应用可能稍广一些。

目录

译者序
前言

第一部分　基本原理

第1章　冲突、战略与博弈 …………2
1.1　西班牙叛乱：击溃赫图勒斯 …2
1.2　博弈论的产生 …………4
1.3　博弈与游戏的关系 …………6
1.4　囚徒困境 …………7
1.5　博弈的标准式和扩展式 …………8
1.6　电影中约翰·纳什的问题 …………9
1.7　一个科学的隐喻 …………9
1.8　商业案例 …………10
小结 …………11
练习与讨论 …………11

第2章　扩展式博弈与标准式博弈 …………12
2.1　标准式博弈 …………12
2.2　考察标准式博弈 …………14
2.3　囚徒困境博弈的扩展式 …………17
2.4　军事史上的一个例子 …………18
小结 …………19
练习与讨论 …………20

第二部分　标准式博弈的非合作均衡

第3章　占优战略与社会两难 …………24
3.1　垃圾处理博弈 …………24
3.2　占优战略 …………25
3.3　社会两难与博弈的合作解 …………26
3.4　合作产品研发 …………26
3.5　再看合作博弈与非合作博弈 …27
3.6　一个政治博弈 …………28
3.7　存在两个以上战略的博弈 …………29
3.8　教科书博弈 …………30
小结 …………30
练习与讨论 …………31

第4章　纳什均衡 …………33
4.1　教科书博弈（续） …………33
4.2　纳什均衡 …………34
4.3　选址博弈 …………35
4.4　纳什均衡的启发式寻找方法 …36
4.5　选择电台节目形式 …………37
4.6　推与不推博弈 …………38
4.7　赶集日 …………39
4.8　再议《美丽心灵》 …………40
4.9　逃跑博弈 …………41
小结 …………42
练习与讨论 …………42

第5章　博弈论中的经典例子 …………44
5.1　竞猜博弈 …………44
5.2　最大最小解 …………46
5.3　零和博弈的作用 …………47
5.4　性别大战 …………48
5.5　胆小鬼博弈 …………48
5.6　鹰鸽博弈 …………49

5.7 以序数表示收益 ……………50
小结 ……………50
练习与讨论 ……………51

第6章 三人博弈 ……………52
6.1 国际联盟 ……………52
6.2 政治博弈中的“拆台者” ……54
6.3 股票投资建议 ……………55
6.4 群体博弈 ……………56
6.5 公共物品提供博弈 ……………57
小结 ……………59
练习与讨论 ……………59

第7章 概率与博弈论 ……………62
7.1 概率 ……………62
7.2 期望值 ……………63
7.3 自然的不确定性 ……………64
7.4 海军冲突 ……………65
7.5 风险厌恶 ……………66
7.6 期望效用 ……………67
小结 ……………69
附录7A：测量效用 ……………70
附录7B：贝叶斯法则 ……………70
练习与讨论 ……………71

第8章 混合战略纳什均衡 ……………73
8.1 棒球比赛中诚实的人们 ……………73
8.2 纯战略和混合战略 ……………76
8.3 促销博弈 ……………76
8.4 混合战略和纯战略共同存在时的均衡 ……………77
8.5 混合战略的图形分析 ……………79
小结 ……………81
练习与讨论 ……………81

第9章 非合作均衡的深入讨论 …84
9.1 再看选址博弈 ……………84
9.2 反复剔除劣战略 ……………86
9.3 纳什均衡的精炼：颤抖手 ……87
9.4 认罪博弈 ……………87
9.5 金发女郎问题的对称非合作解 ……………89
9.6 纳森·德特的两难 ……………91
小结 ……………93
练习与讨论 ……………93

第10章 双寡头垄断的战略与定价 ……………95
10.1 古诺模型 ……………95
10.2 古诺模型中的纳什均衡 ……97
10.3 伯特兰与埃奇沃思 ……………99
10.4 混合战略定价博弈 ……………100
10.5 适用性 ……………103
小结 ……………103
附录10A：古诺模型的数学解法 …103
附录10B：基于微积分的混合战略定价模型与商业案例 …105
练习与讨论 ……………110

第11章 多人博弈 ……………112
11.1 排队博弈 ……………112
11.2 多人博弈中的简化假设 ……113
11.3 多个参与者的博弈：比例博弈 ……………114
11.4 再看鹰鸽博弈 ……………116
11.5 供给、需求和试算法 ……………118
11.6 凯恩斯经济学和协调问题 …120
11.7 假设的利弊 ……………121
小结 ……………122
练习与讨论 ……………122

第三部分 博弈的合作解

第12章 合作博弈的要素 ……………126
12.1 自行车交易 ……………126

12.2 可信的承诺 ……128
12.3 房地产开发 ……129
12.4 解集 ……131
12.5 核 ……131
12.6 顺风车 ……132
12.7 一些政治联盟 ……134
12.8 国际联盟博弈 ……136
小结 ……137
练习与讨论 ……137

第13章 核在经济学中的应用 ……140
13.1 市场博弈 ……140
13.2 双人交易博弈的核 ……141
13.3 多人交易的核 ……143
13.4 公共物品提供博弈的核 ……146
13.5 垄断与规制 ……147
小结 ……150
练习与讨论 ……150

第四部分 序贯博弈

第14章 序贯博弈 ……154
14.1 遏制进入的战略性投资 ……154
14.2 序贯博弈的概念 ……156
14.3 再看西班牙叛乱 ……157
14.4 纳什均衡和子博弈完美均衡 ……158
14.5 蜈蚣博弈 ……159
14.6 椰子博弈 ……160
14.7 反击 ……162
小结 ……163
练习与讨论 ……164

第15章 嵌套博弈 ……168
15.1 博士学习计划 ……168
15.2 马耳他之鹰 ……170
15.3 求解蜈蚣博弈 ……172
15.4 再看反击 ……173
15.5 为什么有罢工 ……174
小结 ……176
练习与讨论 ……177

第16章 重复博弈 ……181
16.1 露营者的难题 ……181
16.2 熨衬衫 ……184
16.3 连锁店悖论 ……187
16.4 恐怖活动 ……188
小结 ……190
练习与讨论 ……191

第17章 无限重复博弈 ……193
17.1 重复的努力困境 ……193
17.2 折现因子 ……195
17.3 露营者的难题 ……196
17.4 毒气 ……198
17.5 合谋定价 ……200
17.6 错误 ……201
小结 ……201
练习与讨论 ……201

第五部分 博弈论的应用

第18章 博弈论、法律与社会机制设计 ……204
18.1 责任 ……205
18.2 小组项目的评分问题 ……207
18.3 仁慈政府部门的悖论 ……209
18.4 应用——金融管理机构 ……212
小结 ……212
练习与讨论 ……213

第19章 投票博弈 ……215
19.1 派对！派对！派对！ ……215

19.2 派对主题 ……217
19.3 战略性投票 ……218
19.4 投票问题和标准 ……219
19.5 可供选择的投票方案 ……220
19.6 例子：芬兰总统选举 ……222
19.7 例子：一次美国总统竞选 ……223
19.8 例子：美国2000年总统选举 ……224
小结 ……227
练习与讨论 ……227

第20章 博弈与实验 ……229
20.1 囚徒困境的实验 ……229
20.2 囚徒困境的结论 ……231
20.3 一个混合博弈实验 ……232
20.4 最后通牒博弈 ……233
20.5 蜈蚣博弈 ……234
20.6 有待解决的问题：参照系偏差 ……235
20.7 已经取得的进展 ……236
20.8 商业应用——雇用关系中的互惠原则 ……237
小结 ……238
练习与讨论 ……238

第21章 拍卖 ……240
21.1 照相机拍卖 ……240
21.2 效率 ……242
21.3 易趣拍卖 ……243
21.4 拍卖的种类和框架 ……247
21.5 胜利者的灾祸 ……248
21.6 两件互补品的拍卖 ……249
21.7 拍卖形式的选择 ……250
21.8 一些实验结果 ……251
小结 ……251
练习与讨论 ……252

第22章 演进和有限理性学习 ……253
22.1 鹰鸽博弈与进化 ……254
22.2 污水中的博弈 ……255
22.3 有限理性 ……256
22.4 有效信息市场 ……257
22.5 演进与重复的社会两难 ……260
22.6 针锋相对、互惠以及人类的进化 ……262
小结 ……263
练习与讨论 ……264

术语表 ……266

第一部分

基本原理

第1章　冲突、战略与博弈

第2章　扩展式博弈与标准式博弈

第 1 章

冲突、战略与博弈

本章主要概念

- 博弈论（Game theory）：博弈论是研究理性的经济个体在相互交往中战略选择问题的理论。
- 博弈分析的关键步骤是找出在别人选择既定的情况下自己的最优反应战略。依据新古典经济学，我们把一个参与者的最优反应（best response）定义为，在其他参与者已经选定战略，或者可以预计到他们将选择何种战略时，能够给该参与者带来最大收益的战略。
- 博弈论这种说法是一种科学的比喻，很多不被看做是博弈的行为，如竞争、战争和竞选等，都可以作为博弈来处理和分析。

什么是博弈论？它与战略、冲突又有什么关系呢？显然，包括博弈在内的许多人类活动，都存在着战略和冲突。冲突的结果是一方获胜，一方落败，博弈通常也总是有输有赢。本书将向读者介绍一种分析战略的方法，一种源自数学研究的博弈思维方式。本章首先要回答两个问题：一是何为**博弈论**（game theory）；二是博弈论与战略之间有什么关系。为了阐述这些问题，让我们先看几个例子。第一个例子是最常与战略、冲突联系在一起的人类活动：战争。

1.1 西班牙叛乱：击溃赫图勒斯

下面是寇琳·麦克库罗（Colleen McCullough）自罗马帝国历史改编而来的一则故事：[1]

约公元前75年，西班牙（位于拉丁美洲的伊斯巴尼亚）发生了一起反对罗马的叛乱，然而，叛乱的发起人却是罗马士兵和一些膜拜罗马的西班牙人。后人普遍认为，西班牙叛乱的领导者昆塔斯·塞多留（Quintus Sertorius）当时是想利用西班牙来使自己登上罗马帝国的最高统治宝座。为了扑灭叛乱，罗马帝国派出了两支部队，其中一支由德高望重的贵族将军梅特路斯·皮乌斯（Metellus Pius）统领，另一支由年轻气盛的庞培（Pompey）指挥，庞培负责统率整个军队的行动。尽管庞培非常富有，对自己军队的投入也很大，但是毕竟年轻，且出身于社会底层，因此皮乌斯对听命于庞培心存不满。罗马部队兵分两路，庞培挺进到新迦太基（New Carthage），解救出了被围困的一小部分罗马驻军，但是，在劳罗（Lauro），庞培遭

1 见Colleen McCullough, *Fortune's Favorites*, (Avon PB, 1993) pp. 621-625.

到了塞多留的包围，西班牙东部的战局陷入僵持状态（见图1-1）。另一边，皮乌斯大军位于西班牙西部，两支罗马军团相互隔离的状况对塞多留反叛军十分有利。为了避免罗马军队汇合，塞多留派其副手赫图勒斯（Hirtuleius）守候在皮乌斯军营以东的拉米尼姆城（Laminium），阻止皮乌斯与庞培取得联系。

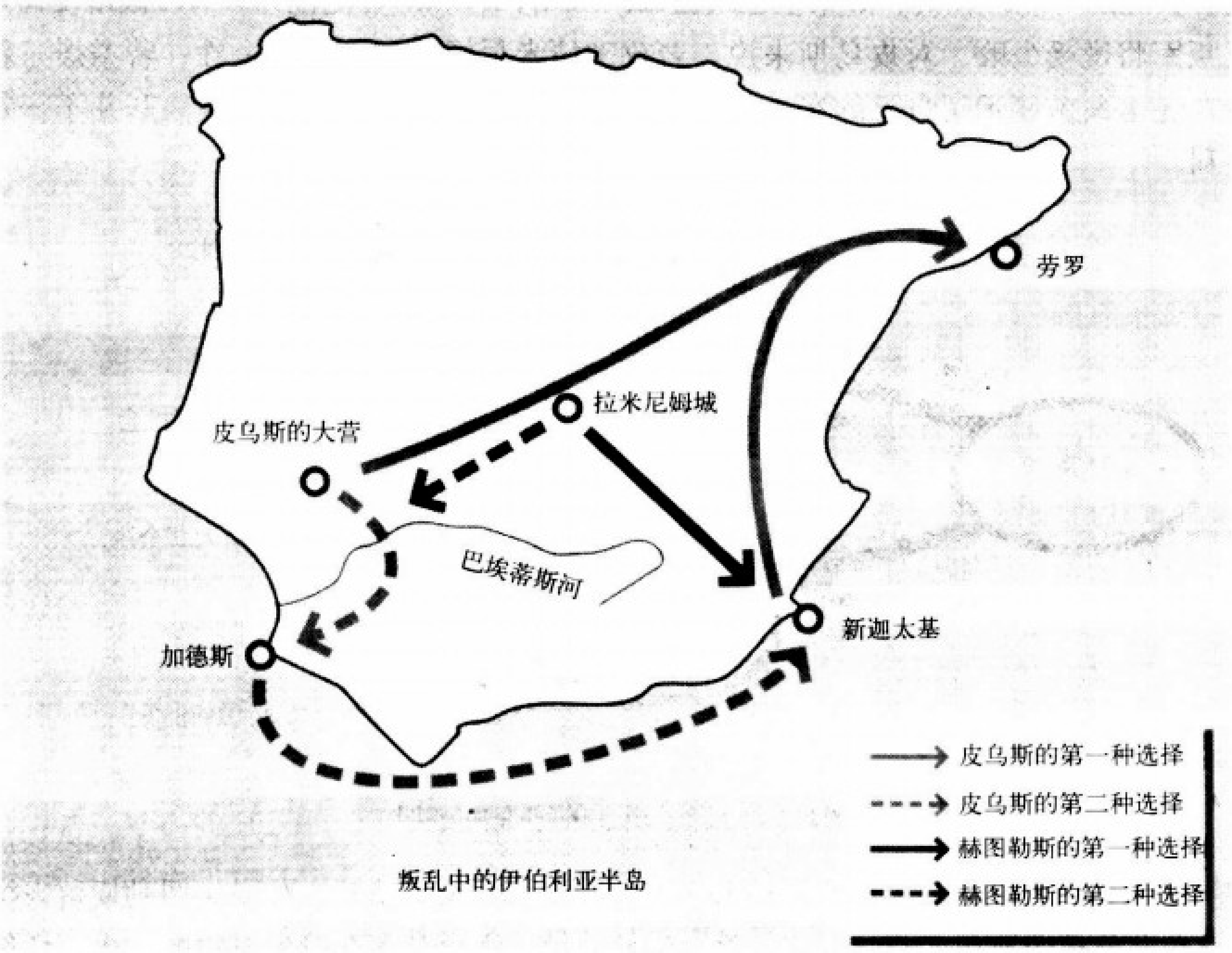


图1-1 西班牙叛乱中赫图勒斯与皮乌斯

如图1-1中的浅灰色箭头所示，皮乌斯面临着两种战略选择。其一，攻打赫图勒斯，抢占拉米尼姆城。如果胜利，既打开了进军西班牙东部的通道，又消灭了一支反叛部队。然后，皮乌斯可以继续向劳罗进发，联合庞培一举击溃塞多留。不过，拉米尼姆城附近地形险恶，利于防守，若在此交战，反叛军将对皮乌斯部队造成巨大威胁，并可能歼灭这支罗马军团，因此这一方案成功的可能性很小。其二，皮乌斯可途经加德斯（Gades）乘船至新迦太基，增强庞培部队的力量，一同攻打劳罗，这样既能将罗马军队联合在一起击败叛军，又达到了向目中无人的庞培显示罗马贵族军队强大实力的目的。因此，对皮乌斯来说，方案二不失为一个更好的选择。

同样，作为一个出色的军官，赫图勒斯也面临着能否完成控制皮乌斯任务的战略选择难题。赫图勒斯可以直接出兵新迦太基，与早已守候在那里的一小部分西班牙军队一道同皮乌斯交战。虽然这种选择击败罗马军队的可能性很大，但皮乌斯知道赫图勒斯进军新迦太基的消息后，将会向北进军，不费吹灰之力占领拉米尼姆城，并打开通往西班牙东北部的通道，导致赫图勒斯失败。

另外一种战略是，赫图勒斯可以留守拉米尼姆，直至皮乌斯军队出发，然后在巴埃蒂斯河（Baetis）截击皮乌斯。这种情况下，赫图勒斯将以疲惫之师与占据更加有利地形的罗马军队交战，取胜的可能性大大降低。但是，赫图勒斯不会丢失拉米尼姆城，而且罗马军队为了避免被隔离的危险，不得不与赫图勒斯交战。

PDG

每个将领都必须做出决定，那么**最优反应**（best response）是什么呢？我们可以借助于图1-2中的树形图来分析这一决策过程。赫图勒斯要首先决定是进军新迦太基，还是留守拉米尼姆城以便在巴埃蒂斯河阻击皮乌斯。从图1-2的左边开始，赫图勒斯做出选择后，皮乌斯根据赫图勒斯的行动做出相应的决策。结果如何呢？对赫图勒斯来说，如果在新迦太基与皮乌斯交战，获胜的可能性较大。如果在巴埃蒂斯河截击，胜利的可能性为50%，截击皮乌斯不成功，反叛军将遭受失败。对皮乌斯来说，若攻破拉米尼姆城，则大获全胜；若增援了新迦太基，就在庞培面前显示了自己的实力，也是个不错的选择，不过前往新迦太基并不一定能够取得胜利。

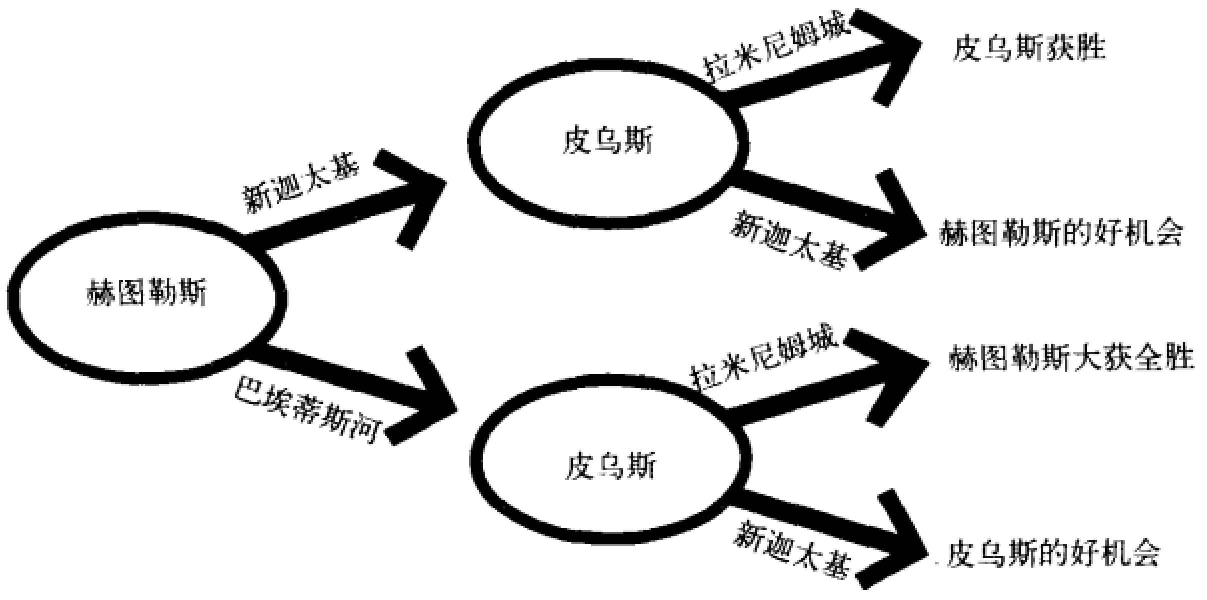


图1-2 西班牙叛乱的博弈决策树

如果赫图勒斯进军新迦太基，皮乌斯将占领拉米尼姆城并获胜，如果赫图勒斯留守拉米尼姆城，皮乌斯会增援新迦太基。因此，赫图勒斯的最优选择是留在拉米尼姆城，尽一切努力阻截皮乌斯部队。

不幸的是，赫图勒斯的最佳战略并不理想。在实际交战过程中，皮乌斯出兵的速度比预想的更快，结果罗马部队以逸待劳，痛击赫图勒斯的疲惫之师，反叛军落荒而逃。随后，皮乌斯率领大军途经加德斯到达新迦太基，增援了庞培，将劳罗城团团围困，皮乌斯成了罗马的英雄。而庞培则花费了很多年才重新建立起威望，成为罗马帝国第一勇士，辅佐居留斯·盖斯（Julius Gaesar），这是后话。[2]

在皮乌斯与赫图勒斯战略决策的树形图分析过程中，我们应用了博弈论的一些概念。

1.2 博弈论的产生

20世纪初，数学家们开始研究一些相对简单的游戏，后来逐渐延伸到棋牌类等较为复杂的问题，这些早期研究成为博弈论的开端。数学家约翰·冯·诺伊曼（John von Neumann）把博弈分析扩展到扑克游戏中，相对于其他问题，扑克游戏无法确定对手是否在"虚张声势"，其博弈过程也就更加复杂。冯·诺伊曼将博弈研究朝着数学方向推进了一步，不过在他与数量经济学家奥斯卡·摩根斯坦（Oskar Morgenstern）合作之后，博弈才和数学真正融合在一起。20世纪40年代，两人共同完成了著名的《博弈论与经济行为》一书，该书的出版使人们开始按照博弈方法，分析经济竞争、军事冲突等生活中原来不被看做博弈的问题。时至今日，博弈论学

2 见Colleen McCullough, *Fortune's Favorites*, (Avon PB, 1993) pp.621-625.

者们已经把人类各式各样的战略选择转化为战略博弈。正是由于这种科学思维的进化，所有战略问题都可依靠博弈来解决，也使博弈论在20世纪50年代以后得以飞速发展。

详细解读
A Closer Look

奥斯卡·摩根斯坦（Oskar Morgenstern, 1902—1977）

著名的数量经济学家，出生于德国，纳粹占领奥地利之前在维也纳工作。此后，到普林斯顿大学任教，与冯·诺伊曼合作完成了博弈论的开山之作——《博弈论与经济行为》。此外，摩根斯坦在国防经济学、太空探索和经济预测等方面成绩卓著。

详细解读
A Closer Look

约翰·冯·诺伊曼（John von Neumann, 1903—1957）

约翰·冯·诺伊曼出生于匈牙利布达佩斯，获得数学与化学双博士学位，不过其闻名于世是作为数学家和现代计算机奠基人之一。此外，诺伊曼对数量经济学的发展功勋显赫，作为奥斯卡·摩根斯坦的合作伙伴，两人完成了博弈论的开山之作——《博弈论与经济行为》。

前面已经提及，博弈论的研究对象是理性的战略选择。这个理性的概念与新古典经济学中的理性概念有许多相似之处，应该说，理性是联系新古典经济学与博弈论的纽带。摩根斯坦是一名经济学家，而冯·诺伊曼熟知新古典经济学，因此他们能够从新古典经济学传统理论中汲取精华。

新古典经济学以人类经济选择完全理性的假设为基础，即假定个人在任何环境中都追求利润、收入或主观收益的最大化。这个假设在经济学研究中起到了双重作用：第一，由于完全理性的行为比非理性的行为更加容易预测，因而在某种程度上缩小了不确定性的范围；第二，为经济系统中的效率评价提供了标准，如果经济系统内部某些群体收益的减少大于其他群体收益的增加（概括地讲，就是成本大于收益），就说明经济行为是缺乏效率的。大气污染、水污染、鱼类过度捕捞和资源过度开采都属于这种情况。

博弈理论分析的关键步骤，是确定在其他参与者战略方案既定的情况下，何种战略是最优反应。在新古典经济学中，若其他参与者的战略选择已知或能够被预测到，我们把可以给某参与者带来最大收益的战略，定义为最优反应。如果参与者超过两人，则在所有参与者战略选择已知的情况下，给某参与者带来最大收益的战略就是最优反应。这是博弈论理性假设前提下一个非常普通的概念，后面章节将经常用到。不过，需要注意的是，在博弈论中，最优反应并不是理性的惟一表现，博弈论也并不总是假定人是理性的。在接下来的章节中，我们将介绍部分不同的观点。

博弈论、新古典经济学与数学

在新古典经济学中，理性的个人面临着特定的制度体系，包括产权、货币与高度竞争的市场等，它们形成了个人以收益最大化为目标的外部环境。实际上，产权、货币经济和完全竞争市场，暗含着一个人在制定经济决策时，只需考虑自身情况和市场条件，不必考虑他人行为的假设。但是，这却带来两个问题：第一，限制了理论的适用范围。在现实经济中，任何时候竞争都是不完全的（当然也不存在完全垄断），产权也只能部分地界定，新古典经济理论的研究范围始终没能涵盖现实经济的复杂情况。第二，新古典经济学无法解决货币经济以外的决策难题，而博弈论恰好提供了一种研究个体之间相互作用、无需通过市场调节的经济与战略行为的理论，使新古典经济学面临的问题迎刃而解。

新古典经济学认为，理性决策的目标就是收益最大化，即在环境已知条件下采取使收益最大化的行为，这样，理性经济选择就转化为数学问题。在博弈论中，尽管个人收益不仅由自己的战略选择和市场状况决定，还需要考虑其他参与者的决策，面临的情况更加复杂，不过，我们仍然可以把理性条件下的战略选择看做数学问题，以决策者的收益最大化为目标。因此，理性是解决博弈问题的关键。

头脑中有了这些概念，下面让我们看一个游戏实例。

1.3 博弈与游戏的关系

西班牙叛乱的故事让我们了解了冲突中思考战略的一般方法，如首先行动的赫图勒斯需要尽量猜测皮乌斯对其决策的可能反应。博弈中，每个人都希望自己比别人更加高明，从一般意义上讲，这就是战略的中心内容。

很多游戏与西班牙叛乱十分类似，如非常简单的尼姆游戏（Nim）。实际上，尼姆是一系列博弈游戏，有简单的小游戏，也有复杂的大游戏。下面我们将列举其中最简单的一个例子（如图1-3），其游戏背景为：三枚硬币摆成两行，第一行一枚硬币，第二行两枚硬币，两位选手参与游戏，轮流取硬币，每一轮次每个选手必须拿走至少一枚硬币。在每轮游戏中，选手只能从一行拿走任意数量的硬币，不允许在两行中挑选硬币，取走最后一枚硬币的选手为获胜者。基于规则要求，游戏参与者的目标就是让对手在最后一轮不得不留下一枚硬币。

图1-3 尼姆游戏

分析该游戏之前，我们要回答下面一些问题：对任意一位选手来说，最好的结果是什么？存在最优战略吗？我们能够确定哪位选手可以获胜吗？如果别人和你在尼姆游戏中打赌，就有必要知道这些问题的答案。

假定尼姆游戏的两个参与者是安娜和芭芭拉，安娜开始第一个轮次。我们仍然用树形图表示两个选手的策略（如图1-4），安娜从左边第一个圆圈开始游戏，每个圆圈都表示轮到某选手时其所面对的硬币情况。第一轮，安娜将看到三枚硬币，她可以做出三种选择：

(1) 从第一行拿走一枚硬币；

(2) 从第二行拿走一枚硬币；

(3) 从第二行拿走两枚硬币。

第一个圆圈右侧从上到下的三个箭头分别代表了安娜的三种选择，如果安娜采用第一种方法，摆在芭芭拉面前的将是两个并排的硬币（如第二列最上面的圆圈所示），芭芭拉可以拿走其中一枚，也可两枚全部拿走（如第三列最上面两个圆圈所示）。当然，如果全部拿走，芭芭拉将赢得游戏。

同样，从图1-4中可以看到安娜其他两种选择的情况。若安娜采用第三种方法，将给芭芭拉留下惟一选择，即拿走余下硬币，芭芭拉获胜。对安娜来说，第二种方法可能更加有利。在第二列中间的圆圈中，留给芭芭拉的是两行各一枚硬币，芭芭拉必须从中取走一枚，这是她惟一的选择。但是无论取走哪一枚硬币，安娜都将把余下的拿走，轮到芭芭拉时已经再没有硬币了，安娜取胜。可以看出，对于安娜来说，最好的选择是首先从第二行拿走一枚硬币，这样芭

芭拉的任何选择都无法阻止安娜获得最后胜利。

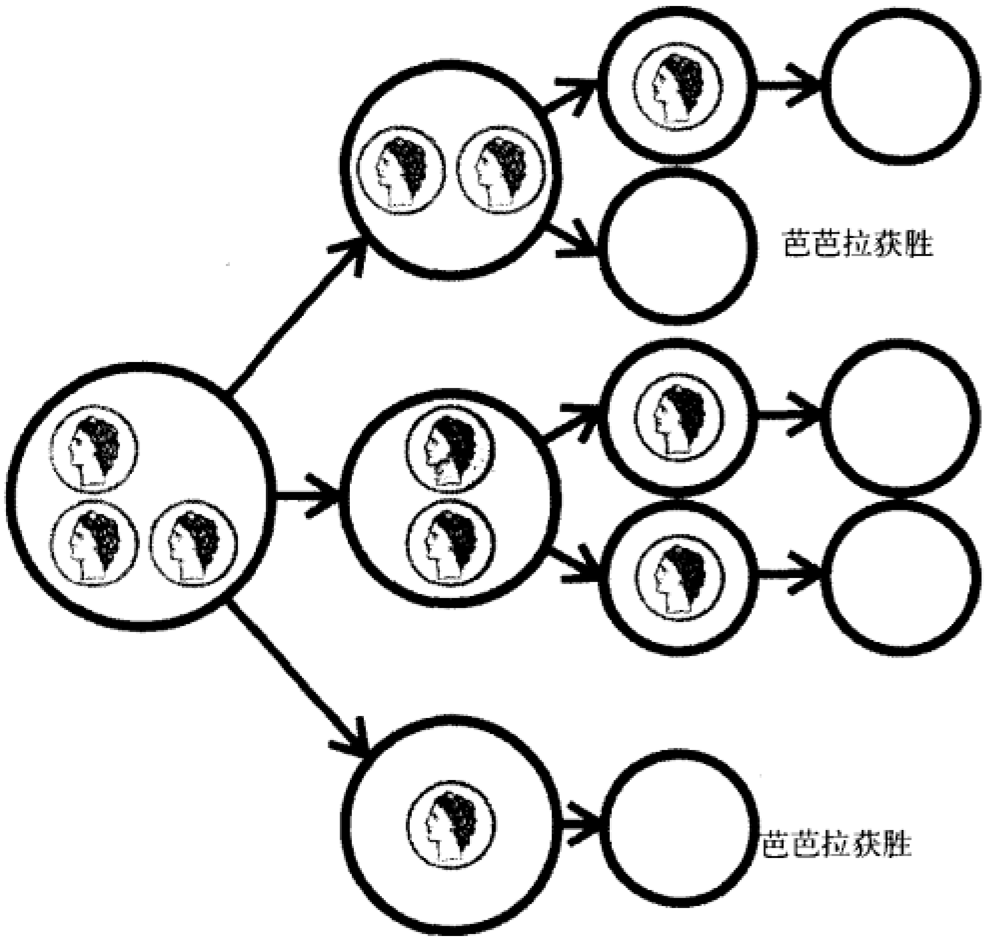


图1-4 尼姆游戏的决策树

现在我们已经找到前面几个问题的答案了。尼姆博弈存在最优战略，安娜的最优战略是“第一轮从第二行取出一枚硬币，第三轮拿走芭芭拉留下的任意一枚硬币”。芭芭拉的最优战略是“若安娜留下一行硬币，全部拿走，否则，取出任意硬币”。可以肯定，如果安娜实行最优战略，她必将获得游戏胜利。

1.4 囚徒困境

约翰·冯·诺伊曼在普林斯顿的高级研究所工作，奥斯卡·摩根斯坦在普林斯顿大学任教，他们的合作使博弈论在普林斯顿盛极一时。当时任斯坦福大学客座教授的普林斯顿大学数学系主任阿尔伯特·塔克（Albert Tucker）在给一些心理学家讲解博弈论时，为了避免使用太多的数学知识，应用了一个叫做**“囚徒困境”**（Prisoner's Dilemma）的例子[3]。这是博弈论中最常被研究，也是20世纪最有影响力的博弈实例。在分析过程方面，囚徒困境与前面两个例子略有不同。

详细解读
A Closer Look

阿尔伯特·塔克（Albert Tucker, 1905—1995）

出生于加拿大的安大略，1929年到普林斯顿大学从事研究工作，后成为普林斯顿大学的教师，并担任数学系主任，当时，普林斯顿大学的数学系是世界上最富创造力的数学系之一。1950年，在为斯坦福大学心理学家作报告时，塔克创造了囚徒困境。囚徒困境的例子虽然一页纸就可以写完，但却对20世纪后半叶的社会科学产生了极为重要的影响。塔克本人也因其在博弈论和数学优化领域的贡献而为世人所敬仰。

3 S. J. Hagenmayer, "Albert W. Tucker, 89, Famed Mathematician",《费城调查者（Philadelphia Inquirer）》(Thursday, Feb. 2, 1995, p. B7)。

塔克以下面这则小故事作为开始：鲍勃和埃尔两个窃贼在偷盗地点附近被警察抓获，分别关押。每个窃贼必须选择是否承认罪行并指正同伙。如果二人都不认罪，将被指控非法携带武器，入狱1年。如果二人都认罪并指正同伙，将入狱10年。如果一人认罪，一人不认罪，则鉴于认罪者与警方合作的表现，无罪释放，其同伙将遭到严惩，判入狱20年。

表1-1 囚徒困境

		埃尔	
		认罪	不认罪
鲍勃	认罪	10年，10年	0年，20年
	不认罪	20年，0年	1年，1年

我们用收益矩阵分析囚徒困境的情况（如表1-1），**收益矩阵**（payoff table）已成为博弈论的一种标准，本例中收益的含义是窃贼被宣判服刑的年数。

收益矩阵可以这样解释：囚犯的战略是认罪或不认罪，每个囚犯选择其中一种战略。竖列代表埃尔的战略，横行代表鲍勃的战略。矩阵中的每组数字是两个囚犯选择不同战略得到的相应结果，逗号左边的数字为鲍勃的收益，右边数字为埃尔的收益。以第一列为例，若两囚犯都认罪，都被判入狱10年；若埃尔认罪，鲍勃不认罪，鲍勃入狱20年，埃尔获释。

那么，到底应该如何解决这一博弈问题呢？如果二人都想入狱时间最短，什么样的战略才是理性的呢？埃尔可能作如下思考："有两种可能性会发生：鲍勃认罪或保持沉默。假定鲍勃认罪，则我不认罪将入狱20年，认罪将入狱10年，所以该情况下最佳的选择是认罪。相反，假定鲍勃不认罪，则我不认罪将入狱1年，认罪将获得自由，认罪还是最佳选择。总之，我应该认罪。"

同样，鲍勃也将按照类似方法分析最优战略，其结果是两人都认罪，被判入狱10年。然而，如果二人非理性行事，保持沉默，每人只会入狱1年。

以自我利益为目标的"理性"行为，导致了两个囚犯得到相对较劣的收益，这一惊人结果给现代社会科学造成了深远的影响。当今世界存在着许多相似的情形，从道路拥挤、军备竞赛、污染，到鱼类的过度捕捞、浅水资源的过度开采，等等。尽管这些现象分属不同领域，但共同之处是个人理性行为导致各方较劣的结果，囚徒困境恰好可以说明这一点，其价值也正在于此。

我们必须承认，囚徒困境是一个简化和抽象的，也可以说是不现实的博弈实例。它省略了许多关键问题，这些问题为后来大量学术文献提供了继续研究的方向：

- 囚徒困境是二人博弈，但现实生活中更为常见的是多人博弈。
- 我们假设两个囚犯之间不存在相互交流，但是如果允许相互交流以形成协调统一的战略，结果将截然不同。
- 在囚徒困境中，两个囚犯只能进行一轮博弈，而重复博弈则可能产生不同的结果。
- 导致囚徒困境结论的分析过程看似令人注目，但并不是惟一的分析方法，甚至其结果根本就不是最理性的。

1.5 博弈的标准式和扩展式

囚徒困境与前面两个例子有相同点，也有不同点。不同点在于，囚徒困境分析过程应用的是数字矩阵，而不是树形图。在博弈论发展进程中，收益矩阵和树形图都曾起到相当重要的作

用，本书也将主要使用这两种手段对不同博弈问题进行分析。

当博弈过程以树形图表示时，我们称之为**扩展式**（extensive form）。在这种模式中，树形图的每一树枝节点代表了一种战略选择。与此不同，囚徒困境应用的是另一种分析方法，叫做**标准式**（normal form）。在标准式中，博弈过程以数字矩阵表示，矩阵两侧为参与者的不同战略选择。

相对而言，尽管标准式不如扩展式那么直观，但是其作用相当突出，本书接下来的几章将主要使用标准式进行分析。现在我们就用该模式分析一下著名电影中的例子。

1.6 电影中约翰·纳什的问题

在电影《美丽心灵》（*A Beautiful Mind*）中，约翰·纳什深入剖析了金发女郎问题，并由此获得了诺贝尔经济学奖。金发女郎问题背景如下：

- 有两个或两个以上男士。
- 有多个魅力十足的女士，且女士至少比男士多一人。
- 只有一个金发女郎。
- 相对于其他女士，男士们更喜欢金发女郎，不过有女伴总比无人陪伴要好。[4]

电影中，纳什发现，如果所有男士都去追求金发女郎，他们不仅会被拒绝，还将惹恼其他女士，结果男士都没有找到女伴，这是最坏的结果。纳什提出建议：所有男士都应忘掉金发女郎，追求其他女士，这样男士们都不会空手而归。

为了简化这一例子，我们将其看做标准式下的双人博弈（如表1-2所示）。假设酒吧里只有约翰和雷哈德两位男性[5]，邀请到金发女郎给男士带来的收益是其他女士的二倍。电影中的解决方法是两位男士都去追求其他女士，所得收益为（1，1）。但奇怪的是，这一结果意味着金发女郎没有收到邀请，男士们也没有得到首选目标，双方对此都不满意。实际上，电影中的战略并不是最优反应。如果雷哈德邀请其他女士，约翰就应该追求金发女郎，从而得到收益2；反之，若约翰邀请其他女士，雷哈德的最优反应也是追求金发女郎。

表1-2 金发女郎的双人博弈

		约翰	
		追求金发女郎	追求其他女士
雷哈德	追求金发女郎	0, 0	2, 1
	追求其他女士	1, 2	1, 1

上面的结论是正确答案吗？[6] 漂亮的金发女郎会由于男士们认为邀请到她的可能性小而无人追求吗？这真的是约翰·纳什做出的回答吗？我们将在后面章节对这些问题进行深入分析。

1.7 一个科学的隐喻

现在，让我们回到“何为博弈论”的问题上来。自从约翰·冯·诺伊曼出版《博弈论与经

4 与佛罗里达州弗莱格勒大学伊云·凯莉教授的讨论，使我受益匪浅。哈尔·瓦里安（Hal Varian）认为，电影中没有把女士们看做参与者，对于博弈论来说是一种缺憾。不过，本例仍然遵照电影内容，视女士们为局外人。哈尔·瓦里安在纽约时报（2002年4月11日）商业版曾提出“约翰·纳什的美丽心灵到底是什么？”的问题。

5 1994年，约翰·纳什与约翰·海萨尼、雷哈德·泽尔腾分享了诺贝尔经济学奖。

6 约翰·纳什曾对凯莉教授说：“电影是虚构的，电影中的博弈论和经济学是不可信的。”（源于凯莉教授2002年11月发给我的私人电子邮件）

济行为》一书以来，博弈论已经在更加广阔的领域得到应用，只要行为结果依赖于两个或更多怀有不同动机的个人之间相互影响的战略，就可以使用博弈论进行分析。博弈论是研究人类行为和理性战略选择的独特方法，它将人与人之间的关系看做博弈，且假定游戏规则和收益已知，个人目标是获得游戏胜利。博弈论最常用到的是数学、经济学、某些社会科学和行为科学。下面是博弈论研究中的几个热点问题：

- 当结果依赖于他人的战略选择，且信息不完全时，如何选择战略才算理性？
- 博弈允许双赢（或双损），博弈双方通过合作，实现双赢是理性的吗？反之，博弈双方不顾双赢或双损的存在，而想方设法追求个人收益最大化是理性的吗？
- 若上一问题的答案是“有时”，那么什么情况下想方设法追求个人收益最大化是理性的？什么情况下相互合作是理性的？
- 持续性的博弈和一次性的博弈有区别吗？
- 在自私的理性人之间，合作会自发产生吗？
- 在上面这些情况下，现实中的人如何应对理性行为？如果现实情况与理性状态有所不符，体现在哪些方面？
- 相对于理性，人们更倾向于合作，还是想方设法追求个人利益最大化？或是两者都可能发生？

1.8 商业案例

至此，我们已经介绍了四个例子：西班牙叛乱、尼姆游戏、囚徒困境和金发女郎问题。事实上，博弈在商业中也有十分广泛的应用，在做出本章结论之前，让我们考察一个商业案例。[7]该博弈与囚徒困境非常类似，我们将采用标准式展开分析。

1964年之前，美国香烟的电视广告相当普遍，1964年卫生总监的报告宣布以后，美国品牌（American Brands）、雷诺（Reynolds）、菲利普·莫里斯(Philip Morris)和李基特&梅耶斯（Ligget &Myers）四大烟草公司经协商与联邦政府达成协议，决定不再做香烟电视广告，协议于1971年生效。这一事件可以用博弈论来解释吗？

下面通过一个双人广告博弈，分析美国烟草公司的案例。假定福姆克（Fumco）和特巴克斯（Tabacs）两家公司面临着不做广告或做广告的战略选择。如果两家公司都不做广告，它们将平分市场份额，并由于广告费用减少带来的低成本而分享相同的高利润。如果两家公司都做广告，它们也将平分市场份额，但广告费用的高成本将带来较低的利润。第三种情况，如果一家公司做广告，另一家不做，则做广告的公司将获得较大的市场份额和更高的利润（如表1-3）。两家公司的利润收益率从1到10，10为最大收益率。在收益矩阵中，“列”为福姆克公司的战略，“行”为特巴克斯公司的战略，矩阵中央第一个数字为福姆克的收益，第二个数字为特巴克斯的收益。

表1-3 广告博弈

		福姆克	
		不做广告	做广告
特巴克斯	不做广告	8, 8	2, 10
	做广告	10, 2	4, 4

7 博弈论作为连接现实生活与社会科学、哲学的纽带，对于商业和经济是十分重要的。本书的每一章都会讲述至少一个商业案例，当然也将涉及其他领域。例外的情况是，在产业战略和定价部分，我们将大量引用商业和经济案例，而在政治博弈部分，不会涉及商业案例。

可以发现，该例与囚徒困境有很多相同之处。各家企业可作如下分析："如果对手不做广告，由于本企业做广告的利润10大于不做广告的利润8，所以应该做广告；相反，如果对手做广告，本企业选择做广告的利润4大于不做广告的利润2，也应该做广告。这样，无论对手如何，本企业最好做广告。"结果是，两家企业都选择做广告，各获得利润4而不是8。

与囚犯身处不同审讯室一样，互相竞争的两家公司很难相信对手会采取对双方都有利的战略。而选择追求自我利益最大化的理性行为，最终导致双方都不愿看到的结果。不过，若有第三者介入，如烟草例子中的联邦政府，两家公司将达成一致，停止电视广告。

小结

本章重点阐述了"什么是博弈论？它与战略、冲突有何关系？"等问题。从一些案例中可以看出，博弈论是一种建立在科学的隐喻基础上的研究人类行为的特殊方法，如战争、欺诈和经济竞争等冲突和战略选择都可看做博弈问题。博弈主要有两种表示方法：

- 标准式——一个数字矩阵，参与者的战略选择列在矩阵两侧空白处。
- 扩展式——一个树形图，每一树枝节点代表一种战略选择。

与新古典经济学中理性行为的概念相同，博弈论通常假设参与者将采用最优反应战略而理性行事，最大化利润、力争在游戏中获胜、达到主观收益最大化，或者最小化惩罚（如坐牢的年数）皆属于理性行为。最优反应战略指在其他参与者战略已知或可预测的条件下，给某参与者带来最大收益的战略。这些概念是博弈论学习的开端，下一章我们将着重探讨标准式和扩展式之间的关系。

练习与讨论

1.1 西班牙叛乱

在西班牙叛乱故事中，麦克库罗写道："赫图勒斯只有一条路可走：向平坦地形进军……在皮乌斯到达巴埃蒂斯河之前展开截击。" 麦克库罗的观点正确吗？试讨论该问题。

1.2 尼姆游戏

考虑三行硬币的尼姆游戏，第一行一枚硬币，第二行两枚硬币，第三行有一、二或三枚硬币。(1) 第三行的硬币数量对游戏结果有影响吗？ (2) 在第三行硬币数量的每种可能情况下，谁将获胜？

1.3 猜便士比赛

猜便士（Match Pennies）是一个校园游戏，预先设定一个选手为"偶数"方，另一个选手为"奇数"方。两选手每次出示一枚便士，或者正面朝上，或者背面朝上。如果两人出示的为同一面，则"偶数"方赢得这两枚便士；如果出示的为不同面，则"奇数"方赢得这两枚便士。构造一个收益矩阵，以标准式表示猜便士游戏。

1.4 免费时间

吉姆的金·米尔酒吧（Gim Mill）和汤姆的特奇·泰文酒吧（Turkey Taven）为赢得更多顾客而展开竞争。每个酒吧可以选择是否在固定时间提供免费小吃。如果双方都不提供免费小吃，利润均为30；若提供，小吃成本的增加使双方利润都下降为20；若一方提供，另一方不提供，则提供者将招揽到大批生意，利润为50，另一方亏损20。利用本章有关概念分析这个例子。两个酒吧之间的竞争是否可以看做是博弈？双方应如何选择战略？用标准式表示该博弈问题。

第2章

扩展式博弈与标准式博弈

预备知识

- 为了更好地理解本章内容，你要掌握第1章的知识。这可能有些突然，但以后每章的开头都会有这样的提示，告诉你哪些内容可以略过，哪些内容最好认真掌握。
- 本章主要概念：标准式与扩展式博弈、不确定事件、相机战略。

在第1章中，我们看到了两类不同的例子。西班牙叛乱和尼姆游戏是用扩展式，也即树形图描述的，囚徒困境和广告博弈则是用标准式，也即表格形式描述的。当然，这些博弈还有其他的差别，以树形图或表格形式表示只是为了方便起见。

博弈论发展的早期，标准式博弈较为普遍和具有影响力。只是到了近期，扩展式博弈才开始在一些研究工作中发挥重要作用。本章将按照博弈论发展的历史顺序，先介绍标准式博弈，然后再分析扩展式博弈。

2.1 标准式博弈

一个商业案例

扩展式和标准式是博弈的两种表述形式。虽然有时某个博弈用其中的一种进行表述更为方便，但并不绝对。约翰·冯·诺伊曼就发现，任何一个博弈都即可以表示成标准式，也可以表示成扩展式。当然，这不是能够直观看出来的，需要技巧。下面用一个商业案例来说明。

麦肯锡咨询公司的研究表明，原来的政府管制企业正经历着放松管制后的艰难转型。[1] 这些企业通常都是公共事业产业的垄断企业。由于所处产业的自然垄断性质，公共事业企业在几乎整个20世纪一直名正言顺地保持着垄断地位。政府一方面对它们实行价格管制，将其利润限定在“适当的范围内”，另一方面则通过立法，禁止其他新竞争者进入。然而，随着管制的放

---

1 Andreas Florissen、Boris Maurer、Bernhard Schmidt、和Thomas Vahlenkamp，《竞相奔向深渊》，麦肯锡季刊（2001年），见http://www.mckinseyquarterly.com/article_page.asp?tk=293962:1078:21&ar=1078&L2=21&L3=37，2002年11月27日。

PDG

开、新竞争者纷至沓来。尽管麦肯锡公司曾告诫企业，价格战通常是一个亏本的战略，但昔日的这些垄断企业为了阻止竞争者的进入，仍不惜血本地发起价格战。

让我们用一个例子说明上述的情况。金雀公司（Goldfinch Corp.）是河城市（River city）的一家电信服务公司，政府对电信市场解除管制后，蓝鸟通信公司（Bluebird）试图进入河城市的电信市场。如果蓝鸟进入该市场，金雀有两个选择：一是降价，为保住市场份额与蓝鸟展开价格战，对蓝鸟的进入实施报复，将其驱逐出市场（本例不考虑金雀公司因实施价格战而引起法律纠纷的可能性）；二是削减产量，让蓝鸟进入，保持价格不变。上面两种选择都会使金雀的利润下降。

假定河城市电信市场的最大利润空间为10，在蓝鸟进入市场前，金雀的收益为10；蓝鸟进入市场后，如果金雀与之共享市场，其收益为5，如果展开价格战，收益则为2。蓝鸟进入市场前，收益为0；进入市场后，若与金雀共享市场，收益为3，若金雀展开价格战，其收益为−5。蓝鸟的资金实力不敌金雀，因此，在与金雀共享市场时其收益低于金雀，而在价格战中它将失败。（当市场被共享时，行业的总利润从10降至8，作为博弈局外人的消费者将受益。）

该博弈与囚徒困境和广告博弈不同（但与西班牙叛乱和尼姆游戏类似），蓝鸟先采取战略，金雀可以等待观望，并根据蓝鸟的战略制定自己的下一步行动方案。所以，我们选择扩展式博弈，以树形图的方式描述这个案例，详见图2-1。

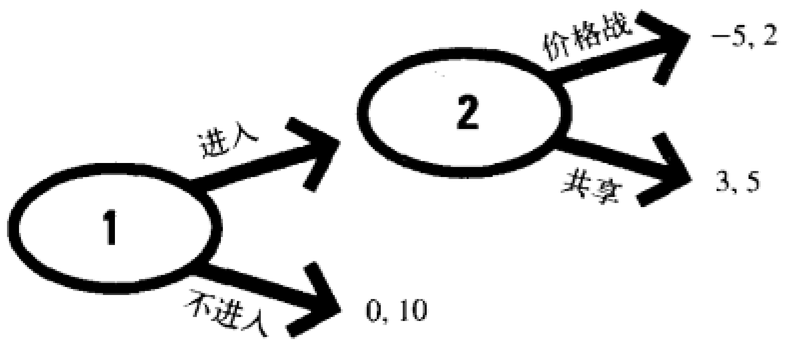


图2-1 市场进入博弈的扩展式

图2-1中，节点1表示蓝鸟公司的决策，节点2为金雀公司的决策。箭头右面的数字为两个公司的收益，蓝鸟的收益在前，金雀的收益在后。本例中，蓝鸟进行的是战略性思考，它要预测如果自己进入，金雀将采取什么反应。虽然蓝鸟的进入是一个**不确定事件**（contingency），但金雀仍要对之做出计划。在节点2，如果金雀与蓝鸟共享市场，金雀的收益为5，如果展开价格战，收益为2。因此，只要金雀想使自己的收益最大化，它就将与蓝鸟共享市场。蓝鸟预料到金雀会采取"共享"战略，因而它将选择"进入"，以获得3单位收益，而不是选择"不进入"，获得0单位收益。（在以后的章节中，这类常识推理是博弈论的核心，但在一些较为复杂的例子中，常识推理却有可能得不到常识性的结果。）

市场进入博弈的这种树形图式的描述方法即为扩展式博弈。尽管这似乎是理所当然的，但市场进入博弈仍然可以像囚徒困境那样表示成标准式。统一博弈的表示形式能够加深我们对博弈问题的理解，冯·诺伊曼和摩根斯坦就选择标准式来分析所有的博弈。

然而，将所有博弈以同一种形式来描述需要技巧。在市场进入博弈中，金雀的战略属于相机战略：（1）如果蓝鸟进入，金雀就接受；（2）如果蓝鸟进入，金雀就展开价格战。

相机战略（contingent strategy）是仅在不确定事件发生时才会采取的战略。句子（1）和（2）给出了影响金雀战略的不确定事件。正如市场进入博弈一样，所有博弈都可以用标准式来描述，但需要将其中的某些战略视为相机战略。

与下国际象棋相似，在市场进入博弈中，每个参与者都知道事关自己决策的所有对手的决策。例如，蓝鸟必须首先选择是否进入市场，金雀也明白自己采取报复行为与否将取决于蓝鸟的选择。

蓝鸟的战略是：(1) 进入；(2) 不进入。

该博弈的标准式描述如表2-1。然而，博弈论经济学家经常使用简化的、省略不确定事件的语言来描述此类博弈："如果蓝鸟进入，那么……"，将金雀的战略简单描述为"展开价格战"和"接受"。这种描述方法对于与本例类似的简单博弈不会引起混淆，但在描述较复杂的博弈时就可能引起误解，因此用标准式描述博弈时最好要记住，其中的战略是相机战略。

表2-1 市场进入博弈的标准式

		金雀	
		若蓝鸟进入，则接受；若蓝鸟不进入，则不改变经营方式	若蓝鸟进入，则展开价格战；若蓝鸟不进入，则不改变经营方式
蓝鸟	进入	3, 5	−5, 2
	不进入	0, 10	0, 10

该博弈的结果是什么呢？先看一下每个企业的最优反应战略。如果蓝鸟进入市场，"接受"是金雀的最优战略，这样就不会发生价格战，蓝鸟能够预料到这一点，因此将进入市场。(第14章会对这类战略问题进行系统的阐述。) 但是，麦肯锡的研究表明，由于缺乏市场竞争经验，解除管制后的公共事业垄断企业遇到此类情况，很可能做出错误决策，从而使双方都遭受损失。

相机战略在商业活动中扮演着重要的角色。"所有航空公司都有一项艰巨的任务，就是制定**应急计划** (contingency plan)，以防飞机失事。"[2] 应急计划指当一个特定的不确定事件发生时才被执行的计划，不仅在商业领域非常重要，对军事（应急计划正是由此而来）和政府活动等其他许多领域也不可或缺。当两个或两个以上的决策者制定针对他人的应急计划时，就有了我们所说的相机战略。

2.2 考察标准式博弈

第1章中囚徒困境与广告博弈的例子，不仅说明了为什么博弈论具有如此大的影响力，而且强调了在较为复杂的博弈中出现的一些问题。这些例子是用表格形式描述的，也许大多数人可能并不习惯用这种方式来描述博弈，但博弈论的创始者们却将其称之为标准式博弈。标准式博弈突出了博弈以及与博弈类似的互动行为所具有的一个重要特征：即每个参与者的收益不仅取决于自己的战略，还要受其他参与者所选战略的影响。然而，很多博弈实际上可能并不复杂，初看起来却很难用标准式表达。

在《博弈论与经济行为》一书中，冯·诺伊曼和摩根斯坦有一个重要发现：所有的博弈都可以表示成标准式，但前提是必须把战略看做相机战略。在国际象棋、战争等复杂的多回合博弈中，只有当对手实施了某种战略时，另一方的战略才会生效，因此，所有战略几乎都自然而然地被看做相机战略。由于不确定事件数量很大，随之产生的相机战略的数目也就很多，甚至会超过目前以及可预见的未来任何一台计算机的计算能力。但无论如何，理论上，任何博弈都能够用标准式来表述。

2 Laurence Zuckerman, "Airline Management Style Honed by Catastrophe," *The New York Times* (November 15, 2001) page C1.

从本质上看，所有的战略都是相机战略。在市场进入博弈中，蓝鸟的战略具有相机的性质："无论金雀是否实施报复，都要进入"，和"无论金雀是否实施报复，都不进入"。既然蓝鸟先采取行动，它不知道金雀是否会实施报复，所以，蓝鸟的每一战略就只对应一个不确定事件。正因为如此，我们经常忽略先行动的一方面临的不确定性。不过，我们应当清楚，从严格意义上讲，这里也是存在不确定事件的。之所以会有此种现象，主要是因为博弈论源自数学，与计算机编程具有相似之处。你肯定知道，如果不严格遵守计算机的规则，计算机会出现什么样的情况。可以说，战略就是一种"如果……就"式的规则，"如果"里面必定有些内容，尽管相应的内容在特定的场合可能没什么实际意义。

对于那些易于用扩展式描述的博弈，我们需要知道如何将扩展式转换为标准式。以西班牙叛乱为例，如果皮乌斯知道赫图勒斯进军新迦太基，他就会挺进无人看守的拉米尼姆城。然而事实是，只有当皮乌斯发现赫图勒斯确实向新迦太基进发后，他才会进军拉米尼姆城。进军拉米尼姆城是一个相机战略。

2.2.1 西班牙叛乱

如何将西班牙叛乱由扩展式转换为标准式呢？首先要确定，两位将军有多少战略选择。显然，赫图勒斯只有两个。皮乌斯有多少战略选择从树形图中不太容易看出。其实，皮乌斯有四个战略选择，而且全部都是相机战略。若赫图勒斯进军新迦太基，皮乌斯有两个战略选择；若赫图勒斯前往巴埃蒂斯河，皮乌斯也有两个战略选择。

利用上面的信息，可以将西班牙叛乱以标准式描述出来，如表2-2。

表2-2 西班牙叛乱的标准式

		赫图勒斯	
		（不考虑皮乌斯的战略）进军巴埃蒂斯河	（不考虑皮乌斯的战略）进军新迦太基
皮乌斯	如果赫图勒斯进军新迦太基，则前往拉米尼姆城；如果赫图勒斯进军巴埃蒂斯河，则前往拉米尼姆城	赫图勒斯大获全胜	皮乌斯获胜
	如果赫图勒斯进军新迦太基，则前往新迦太基；如果赫图勒斯进军巴埃蒂斯河，则前往新迦太基	皮乌斯的好机会	赫图勒斯的好机会
	如果赫图勒斯进军新迦太基，则前往拉米尼姆城；如果赫图勒斯进军巴埃蒂斯河，则前往新迦太基	皮乌斯的好机会	皮乌斯获胜
	如果赫图勒斯进军新迦太基，则前往新迦太基；如果赫图勒斯进军巴埃蒂斯河，则前往拉米尼姆城	赫图勒斯大获全胜	赫图勒斯的好机会

本例中，“如果赫图勒斯进军新迦太基”和“如果赫图勒斯进军巴埃蒂斯河”是对不确定事件的描述，如果省去这两句话，我们就会漏掉了皮乌斯的信息优势，认为他只能选择两个战略。对稍显复杂的西班牙叛乱来说，这种省略会引起混淆。

在博弈论中，虽然博弈的结果不一定非要像囚徒困境和广告博弈那样表示成数值的形式，但这种方法是非常有用的。我们经常会随意地选择一些数字，用来表示不同博弈结果的合意程度或非合意程度。下面就让我们用西班牙叛乱的例子说明这一点。

表2-2右上方一格的博弈结果是“皮乌斯获胜”。这是赫图勒斯的最坏结果，皮乌斯的最好结果。因此，令皮乌斯的收益为5，而赫图勒斯的收益为−5，对应表2-3的右上方一格。由于沿行进行选择的参与者的收益通常都写在左边，因此，左边的数值为皮乌斯的收益，右边的数值为赫图勒斯的收益。第二行左边方格的结果为“赫图勒斯的好机会”，我们将之表示成赫图勒斯的收益为3（按照相应比例），皮乌斯为−3。我们将表2-2中的收益依次转换成数值，得到表2-3。

表2-3 标有收益值的西班牙叛乱的标准式

		赫图勒斯	
		（不考虑皮乌斯的战略）进军巴埃蒂斯河	（不考虑皮乌斯的战略）进军新迦太基
皮乌斯	如果赫图勒斯进军新迦太基,则前往拉米尼姆城；如果赫图勒斯进军巴埃蒂斯河，则前往拉米尼姆城	−5, 5	5, −5
	如果赫图勒斯进军新迦太基,则前往新迦太基；如果赫图勒斯进军巴埃蒂斯河，则前往新迦太基	3, −3	−3, 3
	如果赫图勒斯进军新迦太基,则前往拉米尼姆城；如果赫图勒斯进军巴埃蒂斯河，则前往新迦太基	3, −3	5, −5
	如果赫图勒斯进军新迦太基，则前往新迦太基；如果赫图勒斯进军巴埃蒂斯河，则前往拉米尼姆城	−5, 5	−3, 3

2.2.2 听话博弈

下面再来看一个新的例子：听话博弈的一个简单版本。

小姑娘阿曼达要与妹妹芭芭拉分一个棒棒糖。如果她独自享用，不分给妹妹，妈妈就会生

气。阿曼达有两个选择：与妹妹一人一半或自己留90%。芭芭拉也有两个选择：接受或拒绝。图2-2以树形图的形式表示该博弈。

在这个听话博弈中，阿曼达的战略为“五五分”和“保留90%”。图2-2中的节点A表示阿曼达的决策。不管阿曼达选择哪一种战略，芭芭拉的战略均为接受或拒绝，以图中的节点B表示，收益序列中前面的数值为阿曼达的收益，后面的数值为芭芭拉的收益。从中可以看出，情况对芭芭拉不利。不过，这无关紧要，我们的重点是如何利用相机战略的表达方法，将扩展式博弈转换为标准式博弈，详见表2-4。

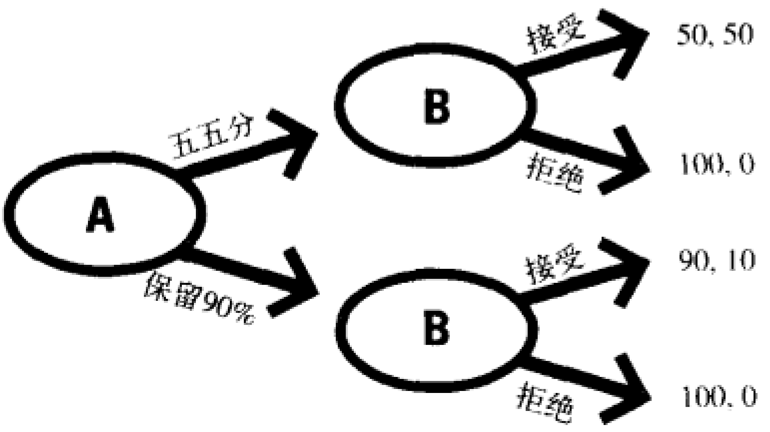


图2-2 听话博弈

表2-4 听话博弈的标准式

		阿曼达	
		（无论芭芭拉接受与否）提出五五分	（无论芭芭拉接受与否）提出九一分
芭芭拉	如果阿曼达提出五五分，则接受；如果阿曼达提出九一分，则接受	50, 50	10, 90
	如果阿曼达提出五五分，则接受；如果阿曼达提出九一分，则拒绝	50, 50	0, 100
	如果阿曼达提出五五分，则拒绝；如果阿曼达提出九一分，则接受	0, 100	10, 90
	如果阿曼达提出五五分，则拒绝；如果阿曼达提出九一分，则拒绝	0, 100	0, 100

2.3 囚徒困境博弈的扩展式

下面让我们看一下，如何将标准式博弈转换为扩展式博弈。所用的例子是我们的老朋友：囚徒困境博弈，其标准式见表2-5。本例中，两个囚犯是同时做出决策的，在转换时我们需要考虑这一因素。

表2-5 囚徒困境

		埃尔	
		认罪	不认罪
鲍勃	认罪	10年，10年	0年，20年
	不认罪	20年，0年	1年，1年

图2-3为囚徒困境博弈的扩展式。节点1表示埃尔是否认罪的决策，节点2表示鲍勃的决策。与图2-1不同，鲍勃在两种不同情况下的决策被归入一个节点。这种方式表示，鲍勃进行决策的时候，并不知道埃尔的选择，

他必须在不知晓埃尔决策的情况下采取行动。具体到图2-3中，就是鲍勃不知道自己究竟处于节点2的上方还是下方。而在图2-1中，节点2只有一组箭头，因为金雀能够事先获知蓝鸟的选择。

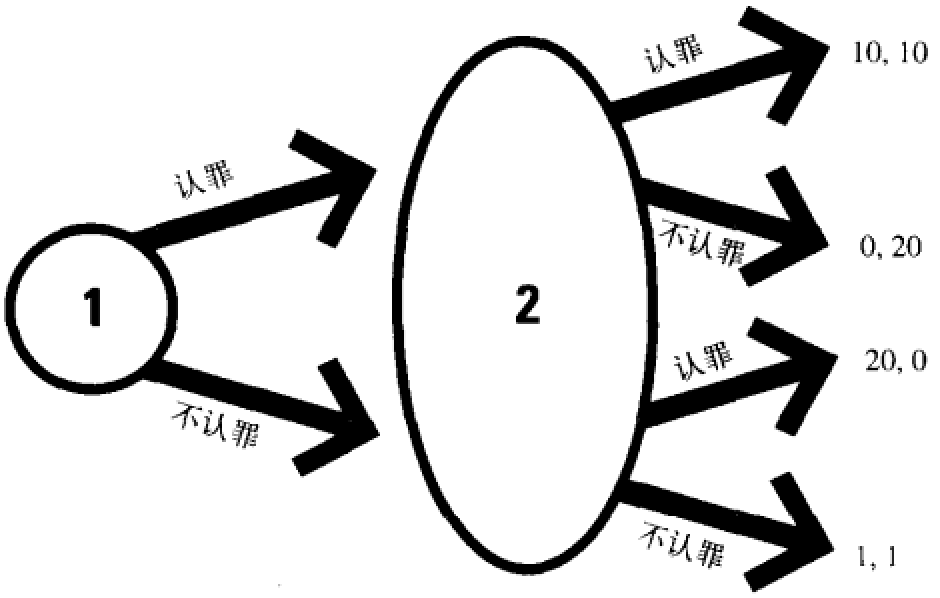


图2-3 囚徒困境博弈的扩展式

节点2包含了鲍勃掌握的（不完全）信息，因此我们把它称做**信息集**（information set）。扩展式博弈的价值也正在于，通过它我们能够清楚地看到博弈的参与者在每一阶段所掌握的信息。所以，当信息比较充分的时候，我们通常会采用扩展式。而对于囚徒困境这类缺乏信息的博弈，只用标准式就足以把我们对博弈的了解表示出来了。

囚徒困境博弈的扩展式有两种不同的表述方式。前面将图2-3解释成埃尔先决策，然后鲍勃在不知道埃尔选择的情况下进行决策。既然两个人同时进行决策，我们也可以说，鲍勃决策在先，埃尔决策在后。不管如何解释，由于两人都是在不知道对方选择的情况下做出决策的，所以两种方法都正确。

选择哪种方式无非就是个视觉符号。不管何种原因，只要博弈的一方不知道对方如何决策，它就不清楚自己处在树形图中的哪一分支。碰到这种情况，我们就把所有的分支都归入同一个节点。当一个博弈论学家看到一个节点下有两个以上的分支时，就像图2-3中的节点2那样，他就知道在这个博弈中，该参与者的信息是不完全的，其不知道自己处在树形图的哪一个分支下。

2.4 军事史上的一个例子

下面是军事史上的一个例子。在20世纪初的欧洲战场上，远程重型大炮是战争的决定因素，而运输大炮的惟一方式就是铁路，有时使用专用铁路，有时使用普通铁路。在战争的关键时刻，第一时间将大炮运至战场是取胜的关键。如果某个国家能够先将大炮运至战场，就可以摧毁敌人的铁路，阻止敌人调运大炮，从而在接下来的战争中获得明显的优势。

大炮的威力与有限的运输能力结合在一起，导致了第一次世界大战初期全面战争的突然爆发。南斯拉夫民族主义者加夫里若·普林奇普（Gavrilo Princip）刺杀奥匈帝国王储弗朗茨·斐迪南（Franz Ferdinand）事件点燃了战争的导火索。奥地利、德国、法国及他们的同盟都清楚，一场战争的爆发不可避免，于是，他们抓紧时间调运大炮，以免落后于敌人而使本国处于不利地位。

表2-6给出了军力调拨博弈的标准形式，参与者为法国和德国，收益用战争导致的灾难程度来衡量。1914~1918年间的欧洲血战，是损失最为惨重的一场战争，因此，将这场战争的灾

难程度计为10，没有战争时的灾难程度计为0。由于灾难程度是一种负收益，因此，表2-6中的收益数字均为负数。如果两国都调拨大炮，双方收益均为−10。如果双方都不调拨大炮，则仍然可以维持和平，双方的收益均为0。若一方调拨大炮，而另一方按兵不动，那么调拨的国家损失就小，收益为−9，而按兵不动的国家损失就多，收益为−11。

表2-6 军力调拨博弈

		德国	
		调拨	不调拨
法国	调拨	−10, −10	−9, −11
	不调拨	−11, −9	0, 0

与囚徒困境一样，本例中的两个国家必须同时做出决策。每个国家都必须在不知道对方是否行动的情况下进行决策。在绘制扩展式博弈的树形图时，这种信息的不完全是很关键的一点。

由于两国是同时决策的，所以，军力调拨博弈也与囚徒困境一样，在扩展式中，先分析哪一方并不影响博弈的结果。那么，我们就假定法国先制定决策。为了表示德国在决策时并不知道法国的战略选择，我们在一个节点下列出德国所有的选择。具体的树形图见图2-4。

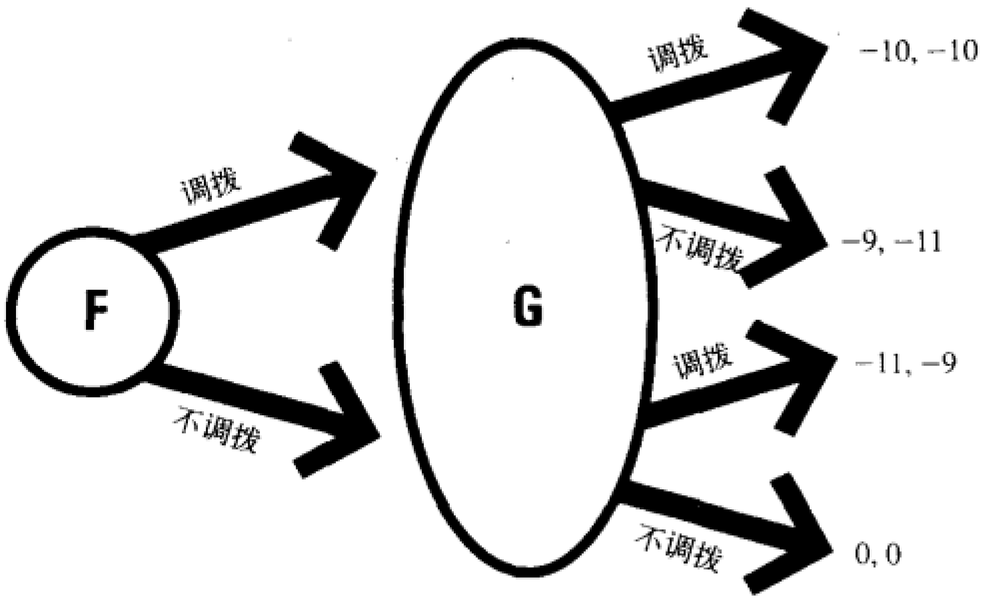


图2-4 军力调拨博弈

一般来说，在扩展式博弈中，只要博弈的一方在不知情的情况下进行决策，或者对方同时决策，我们就将该参与者所有可能的选择，都列在从一个节点出发的分支中，以此表示信息的不完全。通过这种方式，完全信息博弈和不完全信息博弈便能够区分开了。

小结

在博弈论发展之初，人们就发现，所有的博弈问题均能用标准式来描述，即绘制一个表格，边缘列出参与者的战略，里面列出参与者的收益。有些博弈的部分战略是相机战略，只有当对方已经采取了特定的行动时，这些战略才会生效。相机战略和应急计划非常重要，尤其是当参与者能够通过其掌握的信息而获取优势时。另一方面，当以扩展式描述囚徒困境这类信息不充分的博弈时，我们必须将决策者每一阶段的信息标注清楚。如果一个参与者不知道对手已经做出或将要做出的决策，我们就把他所有可能的选择标在同一节点上，在树形图中，该节点会包括多条分支，由于它说明了决策者掌握的信息，我们将其称为一个信息集。确切地说，信息集反映的是决策者不知道的信息，因为他不知道对手将如何决策。

本章告诉我们，博弈的描述方法有两种——标准式和扩展式，二者可以互相替代。由于任

何一个博弈问题都可以同时用这两种方法来表示，因此，我们需要根据实际情况，从中挑选最合适的一种。在接下来的几章中，我们将重点关注标准式博弈。

练习与讨论

2.1 姐妹成绩博弈

爱丽斯与朱丽娅两姐妹同在附近一所学校上学。在这所学校里，每门课的成绩均以曲线图的形式公布出来。姐妹俩均是班上最好的学生，因此，除非两人选同一门课程，否则她们总会处于成绩曲线的最高点。这学期她们每个人都至少选一门课，供选择的课程有数学和文学。两个人的数学不相上下，但爱丽斯更擅长文学。每个人都想争第一。表2-7以标准形式给出了姐妹俩的成绩博弈问题。

表2-7 爱丽斯与朱丽娅的分数

		爱丽斯	
		数学	文学
朱丽娅	数学	3.7, 3.8	4.0, 4.0
	文学	3.8, 4.0	3.7, 4.0

该博弈有哪些战略？假设姐妹俩同时做出决策，请画出该博弈的扩展式。假设爱丽斯先做出决策，然后朱丽娅根据爱丽斯的决策再进行选择，画出该博弈的扩展式。

假定爱丽斯并不关心自己的分数，只想尽可能地拉大与姐姐的分数差距，以满足自己的虚荣心，而朱丽娅的目标是使自己的分数最高，并不在乎妹妹的分数。请用标准式重新表述该博弈，并且再来回答前面的三个问题。如果爱丽斯先选择的话，她将采用什么战略？

2.2 越狱

一名囚犯企图越狱，他有两个选择：翻墙和在自己牢房中挖地道。为了防止囚犯越狱，监狱长可以派人到墙上站岗，也可以派人定期检查牢房。但由于人手有限，他只能选择上面两种防范措施中的一种。

这个博弈有哪些战略，相应的收益是多少？请用数值和文字两种形式来描述双方的收益。画出该博弈的标准式。假设囚犯和监狱长同时决策，试用扩展式描述该博弈。假设监狱长先决策，而囚犯在知晓监狱长的选择的前提下进行决策，再用扩展形式描述该博弈。

2.3 国际象棋

图2-5是大家熟悉的国际象棋的一个微型棋盘。其截取了国际象棋的一部分，由三行四列组成。每个玩家有两个棋子。习惯上，我们用红黑两种颜色表示棋盘中的每一个方格及其对应的棋子。但这里，我们用白色代表红方，灰色代表黑方。与普通国际象棋规则一样，棋子只能斜走，且只能在红格之间移动。黑棋先行。可以越子，前提是在另一边的红方格是空的。如图2-6。遇到下面情况时，一局游戏终止：（1）一方无步可走，该方输；（2）某方将棋子移到对方位置的红格中，则该棋子便成为国王，同时该方也赢得比赛。如图2-6中，黑方将棋子移到红方的方格中，从而黑方获胜。

用扩展式和标准式两种形式描述该博弈。如果双方都采取最优反应战略，哪一方将获胜？

2.4 女王的难题

英国第一任女王伊丽莎白一世面临一个战略难题。一方面，按照当时的习俗，如果她结婚，她的丈夫就会行使国王的权力，她的权力便要丧失。伊丽莎白曾目睹她的父亲，国王亨利，是如何将他的众多王后处斩以及打入大牢的。另一方面，如果贵族们确定她打算永不结婚而将王

位传给外人的话，贵族们就会发动叛乱以推翻其统治。正是基于上述原因，女王长时间与达德利（Dudley）维持男友的关系。

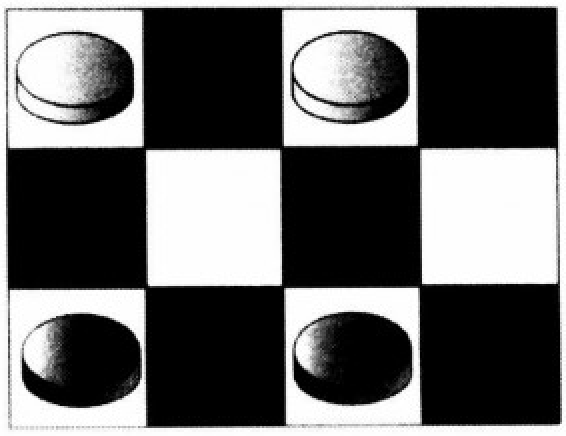


图2-5 国际象棋简缩模型 I

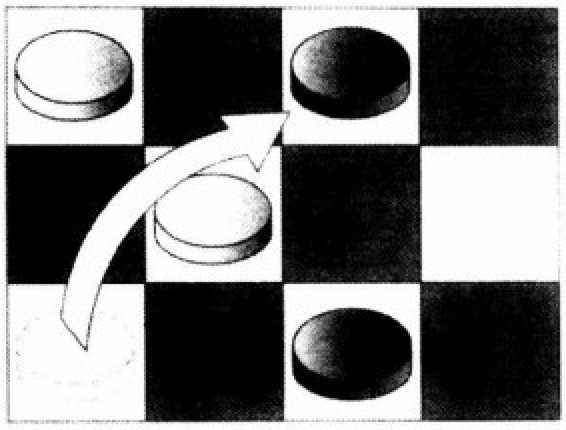


图2-6 国际象棋简缩模型 II

如果把上面的例子看成贵族与女王之间的博弈问题，他们各自的战略是什么？用标准式与扩展式两种形式描述该博弈。该博弈中存在信息集吗？

2.5 尼姆游戏

第1章以扩展式表示尼姆游戏，请根据扩展式画出该博弈的标准式。

第二部分

标准式博弈的非合作均衡

第3章　占优战略与社会两难

第4章　纳什均衡

第5章　博弈论中的经典例子

第6章　三人博弈

第7章　概率与博弈论

第8章　混合战略纳什均衡

第9章　非合作均衡的深入讨论

第10章　双寡头垄断的战略与定价

第11章　多人博弈

PDG

第3章

占优战略与社会两难

预备知识

- 为了更好地理解本章内容，你需要掌握第1~2章的知识。
- 本章主要概念：占优战略、占优战略均衡、合作解、非合作解、社会两难。

在前面两章中，我们讨论了博弈的基本概念，指出许多战略问题可以当做博弈问题进行研究，并介绍了战略和博弈的相关描述方法。然而，博弈论的精髓远非这些内容，而是博弈参与者之间的互动行为，现在，就让我们集中考察这些互动行为。

我们希望找到稳定、可预测的互动行为模式。在经济学中，稳定、可预测的互动行为模式被称做均衡。博弈论学者沿袭了这一叫法（经济学家沿袭的则是化学工程师的惯用叫法），因此可以说，我们要做的就是探寻博弈回合的均衡模式。

首先看一个来自环境政策和环境经济学的例子。这是一个很恰当的例子，因为经济（economics）与环境（ecology）这两个词均来源于希腊词根oikos，意为“家庭”。意思是说，在一个家庭中，成员不断进行着互动，这些互动行为使得家庭得以维持。我们用“economics”和“ecology”来表示经济和环境，就是说，正如在家庭中一样，经济和环境事件中的互动行为是不断的，而且是至关重要的。

3.1 垃圾处理博弈

在探讨这个博弈之前，我们先来看一个故事。故事的主人公是两所房屋的主人，琼斯先生和史密斯先生。两人各在郊区拥有一套周末别墅，该地区不提供垃圾日常处理服务。他们可以共同雇一辆卡车处理垃圾，但收费很高，每人每年需支付500美元。此外，他们还有另一个选择，琼斯可以将垃圾倒在史密斯房子旁边的一块属于自己的空地上，史密斯则可以将垃圾倒在琼斯房子旁边的一块属于自己的空地上。（如图3-1）

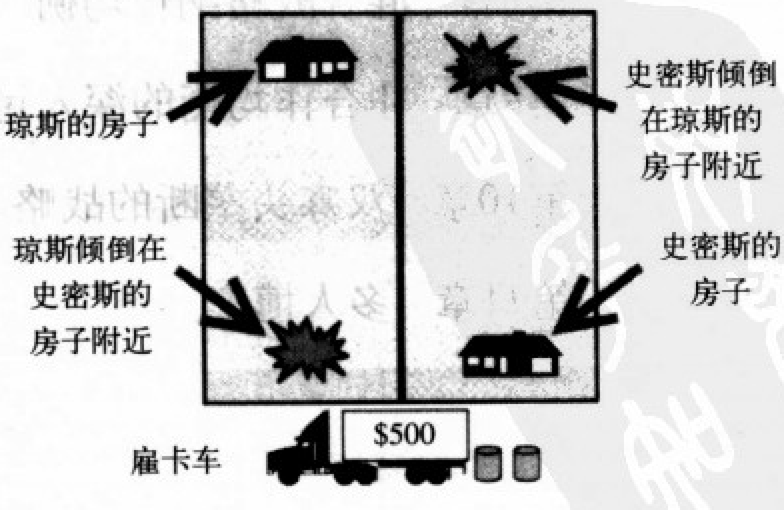


图3-1 两个度假地点

我们用标准式表示该博弈。琼斯和史密斯每个人都面临两个战略选择：花钱雇垃圾处理车和将垃圾倒在邻居房屋旁。他们要同时做出决策，每个人预先都不知道对方的战略。那么，不同战略的收益是多少呢？

周末别墅带给两位主人的收益是他们的主观享受。他们花时间来到这个风景优美的郊区进行休闲娱乐，从而获得满足感。但是，要想将收益与处理垃圾的成本进行比较，需要将这些主观享受换算为货币形式。我们借用经济学家常用的一个方法来解决这个问题。我们知道，别墅可以带给两个房主其他货币形式的收益。比如说，房主可以自己不住，而是将别墅出租。他们能够接受的最低出租价格就是别墅带给他们的主观享受的货币价值。

当然，这个主观收益与其他人是否在别墅附近倒垃圾有关。如果别人不在别墅附近倒垃圾，别墅带给每位房主的年收益假定为5000美元，如果有人倒垃圾，则为4000美元。也就是说，如果没人倒垃圾，琼斯与史密斯都不会接受低于5000美元的租赁出价；如果有人倒垃圾，那么他们能够接受的最低租赁出价降为4000美元。

利用以上信息，我们可以得到该博弈的标准式，见表3-1。

表3-1 垃圾处理博弈的标准式

		史密斯	
		倾倒	雇卡车
琼斯	倾倒	4000, 4000	5000, 3500
	雇卡车	3500, 5000	4500, 4500

博弈论的重点是“理性”行为，这意味着，每个参与者都会根据对手的战略选择自己的最优反应。首先，我们来看对于琼斯的战略，史密斯的最优反应是什么。

表3-2告诉我们，无论琼斯选择哪种战略，“倾倒垃圾”总是史密斯的最优反应。现在，再让我们判断一下，对于史密斯选定的战略，琼斯的最优反应是什么。由于这个博弈是对称的，所以，琼斯的最优反应与史密斯相同，详见表3-3。

表3-2 史密斯先生的最优战略

如果琼斯的战略是	史密斯的最优战略
倾倒	倾倒
雇卡车	倾倒

表3-3 琼斯先生的最优战略

如果史密斯的战略是	琼斯的最优战略
倾倒	倾倒
雇卡车	倾倒

看起来，垃圾处理博弈中的两个参与者的决策很容易。这是因为“倾倒”战略是一个**占优战略**（dominant strategy）。占优战略就是无论对方采取何种战略，其都是最优反应的战略。在垃圾处理博弈中，“倾倒”对每个参与者来说都是占优战略。因为每个参与者都有占优战略，所以该博弈也是说明**占优战略均衡**（dominant strategy equilibrium）的一个好例子。当一个博弈中的每一位参与者都选择了各自的占优战略时，相应的博弈结果就是占优战略均衡。我们也可以说，“倾倒”战略占优于“雇卡车”战略。如果无论对手选择哪种战略，一个战略的收益总是高于另一个战略，我们就说，第二个战略被第一个战略占优，第二个战略被称为**劣战略**（dominated strategy）。在该博弈中，“雇卡车”战略就是一个劣战略。

3.2 占优战略

当一个博弈存在占优战略时，人们就会理所当然地选择该战略而不是另一个。读者可能已

经注意到，垃圾处理博弈与囚徒困境非常相似。在囚徒困境中，“认罪”对埃尔和鲍勃来说都是占优战略；而且（认罪，认罪）也是一个占优战略均衡。相似地，第1章的广告博弈和第2章的军力调拨博弈也都是占优战略均衡的好例子。所有的这些博弈都属于**社会两难**（social dilemma）。社会两难是一种存在占优战略均衡的博弈，并且参与者采用这种均衡战略的收益比采用非均衡战略的收益要差。

3.3 社会两难与博弈的合作解

从数学的角度来看，占优战略均衡是博弈的一个解。它告诉我们参与者将会选择哪种战略，以及当参与者做了“理性”的选择后，其收益将是怎样的。然而，对于社会两难问题中的参与者来说，占优战略均衡就不像问题表面那样简单了。再来看垃圾处理博弈。有一点我们可以很确定，就是史密斯和琼斯都更喜欢双方均雇卡车这样一个结果，而不是占优战略均衡。由于两人都雇卡车会提高大家的收益，所以我们就把（雇卡车，雇卡车）称做是垃圾处理博弈的**合作解**（cooperative solution）。

假设史密斯和琼斯签订了一个合约。合约要求二人均雇一辆卡车，不再乱倒垃圾。合约生效后，他们都必须履行雇卡车的义务。如果其中任何一人进行“欺骗”，另外一位就会提起诉讼，以法律手段迫使欺骗者履行合约。于是，合约就为解决社会两难问题提供了一个出路。在垃圾处理博弈中，合约使得两个房主达成了合作解，而不是占优战略均衡。

事实上，房主之间订立的这种合约是很常见的，被称为契约。很多城镇住宅区都用契约来杜绝乱倒垃圾等惹人厌的事情。当然，在很多非合作的场合，法规也能达到同样的目的。

总的来说，不管是通过协议还是其他形式的强制手段，只要参与者们都能履行协调后的战略，他们所选的战略及其收益就是一个博弈的合作解。

相反，占优战略均衡是一种**非合作解**（noncooperative solution）。在没有可能达成有约束力的协议，以协调不同参与者的战略时，参与者们所选的战略及其收益就是一个博弈的非合作解。在非合作解中，每一位参与者都会根据对方的战略选择自己的最优战略，假定所有人都这样做，那么，每一位参与者所选的战略就都是针对他人最优战略的最优反应。例如，垃圾处理博弈的每一位参与者都认定对手会选择倒垃圾，他们每一个人都据此选择自己的最优反应，结果就是两个人都倒垃圾。

占优战略的存在以及它与合作解相悖的事实是导致社会两难的根本原因。例如，在囚徒困境的例子中，两个罪犯肯定愿意协调他们的战略，拒绝认罪，这样每人只需服刑一年。警察把他们关在不同的牢房，就是为了防止他们协调双方的战略。在广告博弈中，合作解是不做广告。当政府宣称要实施一项广告禁令时，遵守这一禁令可以让烟草公司获得利润，因为在政府的强制之下，两家企业都会不做广告。在军力调拨博弈中，和平是合作解。然而，由于对重型大炮和铁路运输的依赖性所造成的时间限制，使得双方不可能协调他们的战略。

社会两难是一类非常重要的博弈，但是，占优战略和劣战略在其他种类的博弈中也是非常重要的。有的博弈存在占优战略均衡，有的则没有。然而，占优战略均衡也不一定是不好的。有些确实存在占优战略均衡的博弈却不是社会两难问题。接下来的这个商业例子就说明了，占优战略均衡有可能不逊于其他战略。

3.4 合作产品研发

欧姆尼软件公司（Omnisoft）和微型设备公司（Microquip）正在考虑一个产品研发的合作

项目。每家公司都有两种战略可以选择：为项目投入足够的资源，或者留一手，只投最少量的资源。困难之处在于，谁都无法监视对方投入的努力和资源，或强制对方做任何事情。假定项目要研发的技术是一种实用型技术，即便合作项目失败了，两家公司也能应用这种技术并获得利润。表3-4是该博弈的收益矩阵(单位为10亿)。

表3-4　合作产品研发

		欧姆尼	
		投入	留一手
微型设备	投入	5, 5	2, 3
	留一手	3, 2	1, 1

通过检验我们发现，该博弈确实存在占优战略。假设欧姆尼公司的战略是“投入”，微型设备公司选择“投入”战略就可以赚得50亿的利润，但是如果他选择“留一手”，就只能获得30亿。如果欧姆尼公司的战略是“留一手”，那么微型设备公司选择“投入”可以获得20亿，而选择“留一手”就只能获得10亿。因此，“投入”就是微型设备公司的占优战略。因为对称的原因，“投入”也是欧姆尼公司的占优战略。因为两家公司都存在占优战略，所以该博弈就存在占优战略均衡。这个占优战略均衡就是两家公司都选择“投入”，每家公司均获利50亿，这是可能的最大的收益。

与其他例子不同，合作研发博弈中的占优战略均衡恰好是两个公司都希望的结果。即使它们合并，结果也不可能变得更好。因此，（投入，投入）不仅是这个博弈的占优战略均衡，也是合作解；如果两家公司进行合作，他们也会选择这一战略组合。不过，这种占优战略均衡与合作解重合的博弈，在博弈论文献中出现得并不多。导致此种现象的一个最为重要的原因可能是博弈论的研究性质。博弈论是一门注重实用的研究，找到并解决问题是它的主要目的，占优战略均衡与合作解相同的博弈对个人和社会都不构成问题，自然也就不被作为研究的重点了。然而，这类博弈不仅逻辑上成立，也可能是企业司空见惯的。毕竟，非合作均衡是企业增加利润的障碍，正如经济学家乔治·斯蒂格勒所发现的那样，“企业”会动用我们所知道的一切办法，扫除阻止它们增加利润的障碍。

详细解读
A Closer Look

乔治·斯蒂格勒（George Stigler，1911—1991）

出生于华盛顿州西雅图市郊区的仁顿。在芝加哥大学攻读经济学研究生，于1958年开始在芝加哥大学任教，主要从事经济学史方面的研究。然而，为他赢得荣誉的却是其在非主业的产业组织经济理论方面做出的贡献，他因此获得了1982年的诺贝尔经济学奖和1987年的国家科学奖章。

3.5　再看合作博弈与非合作博弈

我们已经看到，在博弈论的很多重要应用中，合作解与非合作解的占优战略均衡是不同的，但并不是说所有存在占优战略均衡的博弈都是社会两难问题，合作的占优博弈就是如此。只是，大多数的博弈论学者都认为，合作博弈的参与者在决定是否合作时，也要进行非合作博弈，因此，与合作的情形相比，非合作解和非合作均衡更为基本和重要。

再来看一看本章的社会两难问题——垃圾处理博弈。我们已经知道，对两个房主来说，解决乱倒垃圾问题的一个方法就是双方签订一份合约，雇卡车把垃圾运走。合约一旦起草完毕，每位房主就必须考虑是否接受该合约。如果他们都接受，会得到合作解的收益：（4500，4500）。如果其中有一个人拒绝，他们就会回到社会两难的均衡状态，每个人只能获得4000美元的收益。

于是，两个房主正在进行着一个新的博弈，即接受博弈，如表3-5和表3-6所示。(接受，接受)是这一新博弈的合作解，同时也是原有博弈的合作解。签订合约的建议已经把社会两难性质的垃圾处理博弈，转变成合作占优博弈了。[1]

表3-5 接受博弈的标准式

		史密斯	
		拒绝	接受
琼斯	拒绝	4000, 4000	4000, 4000
	接受	4000, 4000	4500, 4500

表3-6 史密斯先生的最优战略

如果琼斯的战略是	史密斯的最优战略
接受	接受
拒绝	无所谓

除第12章和第13章以外，本书的大部分章节都将集中探讨非合作博弈。

3.6 一个政治博弈

不仅商业活动、垃圾处理、娱乐游戏以及战争需要战略选择，和平时期的政治问题也需要战略选择。下面我们就来看一个政治领域的例子。

假定有两个候选人：参议院布兰克先生和地方官员格雷先生。虽然他们在政治立场上没什么个人偏好，但身为民主党的布兰克持左翼立场要比身为共和党的格雷更加具有信服力。相反，如果持右翼立场，格雷比布兰克更具有信服力。持左翼立场还是右翼立场是他们可以选择的两种战略。此外，他们还有第三个可供选择的战略：持中立立场。

因此，在该例中，出现了三个可供参与者选择的战略。我们用标准式表示这个有三个战略的博弈，表格不再是两行两列，而是三行三列。

这个博弈的收益是怎样的呢？假定两个候选人并不十分在意持哪种立场，他们的目标不是推进某一特定观点，而仅仅是当选。一些讲德语的政治经济学家把这种动机称做"stimmungsmaximieren"，即最大化选票的数量，这也许有些夸张。候选人并不是要尽可能多地拉选票，只要超过半数就够了。但是，压倒性的胜利(胜出很多)对于获胜的候选人来说是很有利的。我们将用选票的百分比来表示该博弈的收益。

当然，每个候选人能够获得多少选票，取决于选民的分布情况。假设选民的分布很对称，其中，30%的选民支持右翼力量，30%的选民支持左翼力量，还有40%的选民愿意投票给持中立立场的候选人。收益如表3-7所示。我们还假设，如果两个候选人都

表3-7 两个候选人的收益矩阵

		格雷（共和党）		
		左翼	中立	右翼
布兰克（民主党）	左翼	55, 45	30, 70	50, 50
	中立	75, 25	50, 50	70, 30
	右翼	50, 50	25, 75	45, 55

1 这里的"接受"战略与我们给出的占优战略定义并不完全相符，因为如果琼斯先生"拒绝"，那么"接受"和"拒绝"对于史密斯先生来说其收益是一样的，这一点我们将在第11章作进一步论述。不过，史密斯和琼斯在该博弈中很容易就可以得到（接受，接受）的合作解。

持中立立场，他们将平分选票，获胜者的产生要靠计票时的随机误差，因此，每个候选人获胜的机会是均等的。同样，如果共和党持右翼立场而民主党持左翼立场，他们也将平分选票。候选人在获得相应选票的同时，还将平分中间力量的选票。

如果两个候选人持不同的立场，选民们就会支持接近他们立场的候选人。但是，并不是所有的左翼选民们都会选择共和党的候选人，即使这位候选人持左翼立场；与之相似，也并不是所有的右翼选民们都会选择民主党候选人，即使他持右翼立场。

如果没有人持中立立场，中间力量的选票就会被平分。由于这个原因，也因为选民们的交叉，如果布兰克持右翼立场，格雷持左翼立场，两人的收益也是（50，50）。

布兰克的最优反应如表3-8所示。“中立”是布兰克的占优战略。即使该博弈不是完全对称的，同理我们也可以得出，“中立”同样也是格雷的占优战略。因为两个候选人都有占优战略，我们就可以得到一个占优战略均衡。

表3-8　参议员布兰克的最优反应

如果格雷的战略是	布兰克的最优反应
左翼	中立
中立	中立
右翼	中立

这并不是一个社会两难问题。因为总票数是一样的，都是100%，所以无论两个候选人选择哪种战略，该博弈的占优战略均衡和合作解之间并不存在冲突。但这是从候选人的角度来看这个问题，而非选民的角度。从选民的角度来看，这个占优战略均衡可能不是一个很好的结果，因为只有中立这一种政治立场被得以表达，占选民总量60%的左翼或右翼选民们完全被遗忘了。在现实的美国政坛中，我们确实听到过这种抱怨。很多持左翼和右翼立场的美国人总觉着政府在和他们作对，也许这就是美国政坛中中立战略经常是占优战略的一个征兆吧。

3.7　存在两个以上战略的博弈

目前为止，我们课本里出现的大多数例子都是两两博弈，就是说，博弈中只有两个参与者，每个参与者都必须在两个战略之间进行选择。然而，像政治博弈一样，大多数现实世界中的相互作用，往往包括两个以上的参与者，两个以上的战略，或二者兼有，有时候参与者或战略的数量是很大的。在以后的章节中，我们将研究有两个以上参与者参加的博弈。正如我们所看到的，存在两个以上战略的博弈的标准式，只比两两博弈稍稍复杂一点，收益矩阵的行数和列数会大于2。

假定垃圾处理博弈中的两个房主在原有的两个战略之外又多了一种选择——焚烧垃圾。每个房主都必须在雇卡车、倾倒或焚烧三种战略之间进行选择。焚烧对两块土地价值的影响是一样的。如果一个房主焚烧垃圾，两块地的价值均减少250美元，如果两个房主都焚烧垃圾，两块地的价值均减少350美元。收益如表3-9所示。它和我们先前的例子有所不同，因为行和列各多了一个。

表3-9　存在三种战略的垃圾处理博弈

		史密斯		
		倾倒	雇卡车	焚烧
琼斯	倾倒	4000, 4000	5000, 3500	4750, 3750
	雇卡车	3500, 5000	4500, 4500	4250, 4750
	焚烧	3750, 4750	4750, 4250	4650, 4650

像往常一样，我们想知道每个参与者针对另一个参与者所选战略的最优反应。由表3-10可以看出，"倾倒"再一次成为史密斯的占优战略。同理可知，"倾倒"也是琼斯的占优战略。于是，新的垃圾处理博弈存在占优战略均衡，同时它也是一个社会两难。

表3-10 史密斯的最优战略

如果琼斯的战略是	史密斯的最优战略
倾倒	倾倒
雇卡车	倾倒
燃烧	倾倒

3.8 教科书博弈

占优战略均衡的概念是很有用的，但并非所有博弈都存在占优战略均衡。下面这个包含三个战略的博弈就是一个不存在占优战略均衡的例子。

海弗拉普教授与博英教授都在写博弈论方面的教科书。两本教科书质量相同，但篇幅长短不同。[2] 两位作者都知道，如果有两本同样题材、同样质量的书，教师们通常会选择篇幅长一点的那本。每个人都想拥有更多的读者，但是，书写得越长，要付出的努力就越多，所以，两位作者都不想写得太长，只要能够战胜对方就行了。每位作者都可以在以下三个战略之间进行选择：400页、600页或800页。收益如表3-11所示。

表3-12是博英教授对海弗拉普教授所选战略的最优反应。我们可以看到，随着海弗拉普教授选择400页、600页或800页，博英教授的最优反应也在发生变化。事实上，博英教授的想法就是想让自己的教科书比海弗拉普教授的长那么一点点。因此，当海弗拉普教授选择不同的战略时，他就要跟着改变自己的最优反应。换句话说，博英教授没有占优战略。因为该博弈是对称的，所以，海弗拉普教授同样也没有占优战略。

表3-11 编写一本博弈论教科书的收益

		海弗拉普教授		
		400页	600页	800页
博英教授	400页	45, 45	15, 50	10, 40
	600页	50, 15	40, 40	15, 45
	800页	40, 10	45, 15	35, 35

表3-12 博英教授的最优战略

如果海弗拉普教授的战略是	博英教授的最优反应
400	600
600	800
800	800

教科书博弈是一个不存在占优战略的博弈的例子。这类博弈的解必定不同于常规的博弈。我们会在下一章继续研究这个问题。

小结

博弈分析的目标之一就是找到参与者之间稳定的、可预测的互动行为模式。按照经济学家的叫法，我们将之称为均衡。

因为我们假设参与者们都是理性的，所以，只有一个参与者选择的是针对对手战略的最优反应战略，其选择才是稳定的。如果存在一个针对对手所有战略来说都是最优反应的战略，我们就称之为占优战略。如果博弈中的每位参与者都有占优战略，并且也实施其占优战略，我们

2 这是一个不现实的简化假设，当然，本书在每个方面都比其他有关博弈论的课本要好得多。目前为止您可能已经注意到，为了把问题解释清楚，我们会毫不犹豫地进行一些不现实的简化假设。当然，不同的课本在很多方面都有所不同，包括编写的质量、制作以及作者是否有幽默感等等。

就可以获得一个占优战略均衡。

占优战略均衡是一个非合作均衡，意思是每位参与者都独立行动，而不是一起协商其战略选择。如果博弈中的参与者都能够保证自己履行协商后的战略，那么他们选择的战略就被称做合作均衡。合作均衡和占优战略均衡有可能一样，也有可能不一样。

社会两难问题是一类很重要的存在占优战略均衡的博弈，其代表就是大家熟悉的囚徒困境。囚徒困境和其他社会两难问题的共性在于，它们都存在一个与其合作均衡相冲突的占优战略均衡。

我们介绍了环境管理、广告、军力调拨、商业活动、合作研发和政治等领域的一些例子。从中可以很明显地看到，占优战略均衡有着广泛的应用。同样，我们也看到，并不是所有的博弈都存在占优战略或占优战略均衡。

练习与讨论

3.1 求博弈的解

请阐述占优战略均衡作为非合作博弈解的优点和缺点。

3.2 努力困境

当一群人为了某项任务聚集到一起，并且该任务要依靠每个人付出努力时，一种社会两难问题就会产生。可供选择的战略是“工作”和“偷懒”。在努力困境问题中，如果一个人偷懒，其他的人就要付出更多的努力。收益如表3-13所示。

这个博弈存在占优战略吗？是什么？存在占优战略均衡吗？该博弈的合作解是什么？

20世纪中叶，在美国的太平洋西北地区，有二三十个胶合板公司都是工人所有的。工人所有者根据大多数人制定的规则来雇用或解雇管理者。但是，管理者不仅有权安排和监督工人们的工作，还比同类的追求利润的公司的管理者有更多的权利。该博弈能对此提供解释吗？

3.3 培训博弈

两家公司从同一群没有任何技能的人员当中雇用员工。每家公司都可以选择是否培训员工。培训能够提高生产率，但是对手可能会把他们培训好的员工给挖走。因此，两家公司员工的净生产率（生产率–工资）总是一样，虽然如果更多的员工经过培训后，其净生产率会大大提高。受训员工的比例和净生产率的关系如表3-14所示。

表3-13 努力困境

		琼斯先生	
		工作	偷懒
史密斯先生	工作	10, 10	2, 20
	偷懒	20, 2	5, 5

表3-14 培训

培训比例	净生产率
0	5
50%	7.5
100%	10

（每家公司都是要么培训其所有的员工，要么一个都不培训，所以培训的比例只有0，50%和100%三种可能。）每家公司的利润是表格中的净生产率减去其培训的成本。如果公司选择培训员工，培训成本是3，否则就为0。

这个博弈的“参与者”是谁？他们的战略是什么？请写出该博弈的标准式。该博弈是否存

在占优战略和占优战略均衡？如果存在，分别是什么？

3.4 毒气

阿勒曼德（Allemand）和安格雷顿（Angleterre）是两个敌对国，它们经常发生战争，并且两国都能够生产毒气。在战争中使用毒气的收益见表3-15。

该博弈是否存在占优战略，如果有，是什么？是否存在占优战略均衡？合作解是什么？这是一个社会两难问题吗，为什么？

表3-15 毒气

		安格雷顿	
		放毒	不放
阿勒曼德	放毒	−8, −8	3, −10
	不放	−10, 3	0, 0

历史上，毒气只在第一次世界大战中使用过，虽然二战时德国对法国和英国的敌对情绪与一战相比有增无减，但二战中却并没有使用毒气。后来，人们普遍认为，之所以存在这种差异，主要是因为如果一方在战争中先使用了毒气，另一方就会在接下来的战争中进行报复，也使用毒气，先使用的一方的情况会更遭。请在分析社会两难问题后，结合这一对比阐述一下占优战略均衡有什么局限性。

3.5 竞选

理查德·尼克松是一位杰出的共和党政治家，他曾说过，共和党要想当选必须“在初选时持右翼立场，而在最终大选时持中立立场。”本章中的政治例子为我们揭示了为什么他建议“在最终大选时要持中立立场”。你怎样解释“在初选时持右翼立场”？

注意：在美国很多州的政治系统中，包括加利福尼亚（尼克松的本州）在内，进行初选的目的是决定主要大党的提名候选人，由各党派的注册选民来决定。被提名的候选人要在接下来大选中进行竞争。提示：共和党注册选民的政治立场分布可能不同于总体选民。

3.6 免费时间

参看第1章问题4。该博弈中是否存在占优战略？如果有，是什么？是否存在占优战略均衡？该博弈的合作解是什么？该博弈是一个社会两难问题吗？为什么？

第4章

纳什均衡

预备知识

- 为了更好地理解本章内容，你需要掌握前面第1~3章的知识，尤其是第3章的最后一个例子。
- **本章主要概念**：纳什均衡、协调博弈、谢林点。

上一章我们看到，有些博弈存在占优战略和占优战略均衡。这种均衡为揭示非合作状态下的战略选择，提供了一种有效的工具。然而，还有一些博弈没有占优战略均衡，要想分析这些博弈，我们需要一个不同的均衡概念：纳什均衡。纳什均衡是以发现它的数学家约翰·纳什的名字命名的。纳什的生活有不幸的一面，最近出版的他的自传和以他为原型的电影都对此进行了描述[1]。不过，没有人对博弈论的贡献超过纳什。

同前几章一样，我们先来看个例子：教科书博弈。该博弈曾出现在上一章的结尾。

详细解读 A Closer Look

约翰·福布斯·纳什（John Forbes Nash, 1928—）

约翰·福布斯·纳什，数学家，1928年6月13日生于西弗吉尼亚州的布鲁菲尔德（Bluefield）市，现生活在普林斯顿。在普林斯顿大学求学期间，他证明了非合作均衡（也就是现在所说的纳什均衡），可以用来解决静态总和博弈，并因此获得了1994年的诺贝尔奖。他还提出了一种适用于合作博弈的数学讨价还价理论，并在数学领域做出了很多其他贡献。纳什患脑疾多年，他的故事在2001年被改编成电影《美丽心灵》。

4.1 教科书博弈（续）

让我们回忆一下，在这个博弈中，参与者是两位教授。他们分别在撰写一本博弈论的教科书，并且这两本教科书之间存在着竞争。每一方都认为，如果自己的教科书页数多于竞争对手，就会得到更多的收益。他们的战略是决定教科书的页数，有400页、600页和800页三种选择，收益矩阵见表4-1。为了方便起见，表4-1和表3-11相同。

1 见 Sylvia Nasar, *A Beautiful Mind* (New York: Simon and Schuster, 1998)。

我们已经知道，这个博弈不存在占优战略均衡，因为海弗拉普的最优反应战略取决于博英教授所选择的战略，反之亦然。表4-2列出了一个作者针对另一个作者所选战略的最优反应，它与表3-12基本相同，只是没有强调谁对谁的战略进行反应，因为这无关紧要。

表4-1 编写一本博弈论教科书的收益

		海弗拉普教授		
		400页	600页	800页
博英教授	400页	45, 45	15, 50	10, 40
	600页	50, 15	40, 40	15, 45
	800页	40, 10	45, 15	35, 35

表4-2 教科书博弈的最优反应战略

如果一方的战略是	另一方的最优反应是
400	600
600	800
800	800

从表4-2可以看出，800页战略有个有趣的特征。如果双方均将教科书的页数选定为800页，那么，每个人的战略都是对对手战略的最优反应。海弗拉普教授选择的是对于博英教授所选战略的最优反应；博英教授选择的也是对于海弗拉普教授所选战略的最优反应。任何其他的战略组合都不会是现实的战略组合。例如，如果博英教授的教科书写了600页，而海弗拉普教授的书写了400页，那么对于海弗拉普教授的战略，博英教授的战略是一种最优反应，可是，对于博英教授的战略，海弗拉普教授选择的战略却并没有达到最优，如果他将自己的教科书增加至800页，他的收益就会上升到45（见表4-1中间方框右边的数字）。然而，当海弗拉普教授的教科书变成800页时，博英教授的最优反应也是把他自己的教科书增加至800页。因此，除了最右下角的战略组合（800, 800）之外，表4-1中余下的战略组合都不可能使两个参与者同时达到最优。经过一番博弈，海弗拉普教授和博英教授最终呈献给读者的两本博弈论教科书篇幅将一样，均为800页。

（800, 800）是教科书博弈的**纳什均衡**（Nash equilibrium）。纳什均衡是全部参与者所选战略的一个组合，在这个战略组合中，每个人的战略都是针对其他人战略的最优反应。由于教科书博弈只有两个参与者，所以，纳什均衡的战略组合中仅有两个战略：一个针对海弗拉普教授；另一个针对博英教授。

虽然这一纳什均衡不是占优战略均衡，但只要两个参与者是理性的、非合作的，它就会是教科书博弈的结果。

以前你可能想不明白，教科书为什么都那么长。如果你曾经有过这种困惑，那么，上面的分析会对你有所启示。这也说明了博弈论确实能够解释现实生活中的现象。实际上，页数对读者的吸引力远不及书的内容和例子。教科书的作者们总是担心，如果漏掉了一个好的题材或例子，有些教授就会觉得这本教科书不适合他们的课程，从而失去一部分原本可以得到的读者。于是，“宁可多，不能漏”成为教科书的一个写作原则。主题和例子越多，页数自然也越多了。[2]

4.2 纳什均衡

教科书博弈是一个没有占优战略、却有纳什均衡的博弈。如果有两个战略（或者更一般的，

2 当然，本书的作者是个少有的例外。我只选择那些在学习博弈论的过程中你需要掌握的主题和例子，没有任何无关的内容。书中的每一个章节都是我认为确实、确实重要的。

有多个战略，每个战略对应一个参与者），并且每个战略都是另一战略（或其他参与者的战略）的最优反应，我们就称这一战略组合为纳什均衡战略。如果一个博弈存在纳什均衡战略，参与者也选择了这组战略，那么，我们就得到了这个博弈的一个纳什均衡。

在教科书博弈中，纳什均衡战略是（800, 800），此时，博英教授的教科书页数为800页，海弗拉普教授的教科书页数也为800页。每方的800页都是对另一方800页的最优反应，因此，对两个作者来说，这一战略组合是一个纳什均衡。

与占优战略均衡一样，纳什均衡反映了两个作者的理性行为。只要其中一方坚持选定的战略，任何一方都不能通过变换战略而使自己的境况得到改善。由于这些战略是参与者独立选择的，没有经过协调，因此，纳什均衡与占优战略均衡一样，都是非合作均衡。由表4-1可知，如果两个教授的教科书均为400页，或600页，他们的处境都要比写800页的时候好。双方都将教科书写成400页是这个博弈的合作解。

与占优战略均衡相比，纳什均衡的概念更加宽泛。每个占优战略均衡也是一个纳什均衡，就像每只小猎犬同属于狗类一样。例如，在囚徒困境中，"认罪"是每个囚徒的占优战略，而且存在一个占优战略均衡。当一个囚徒选择"认罪"时，另一个囚徒的最优反应也是认罪。每个囚徒都选择了针对另一个囚徒所选战略的最优反应。所以，这确实是个纳什均衡。但是，并不是每个纳什均衡都是占优战略均衡，就像并不是每只狗都是小猎犬一样。有些纳什均衡并不是占优战略均衡，因为一个参与者的最优反应要取决于另一方所选择的战略。

图4-1说明了这一点。社会两难问题是一种特殊的占优战略均衡；占优战略均衡是一种特殊的纳什均衡；而纳什均衡又是一种特殊的非合作均衡。

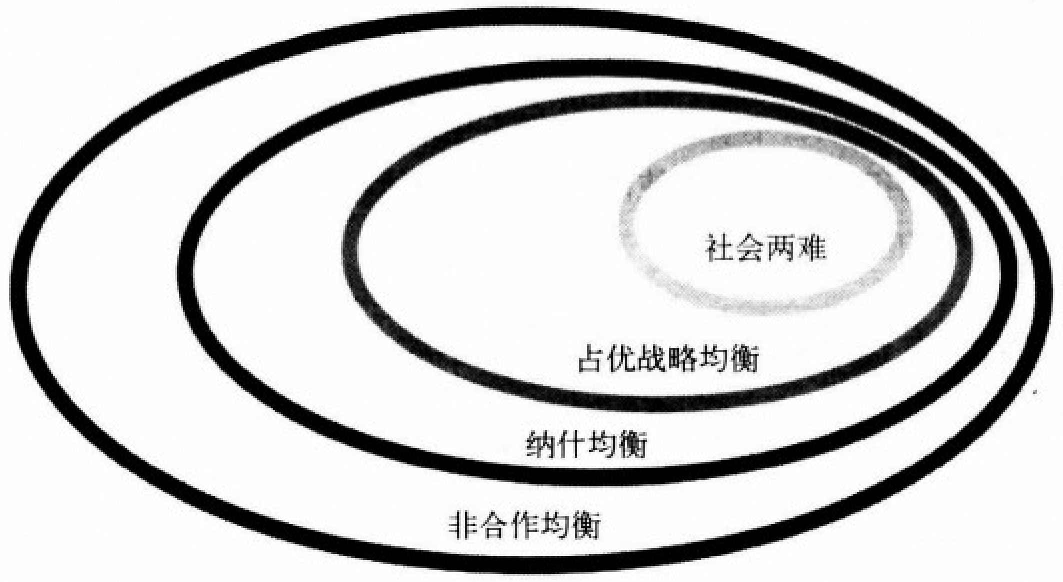


图4-1 非合作均衡概念集

下面，我们将这些思想用于另外一个例子，一个非常基本的商业问题：零售选址问题。

4.3 选址博弈

加西（Gacy）和米百儿（Mimbel）是两家百货公司，它们都要在戈瑟姆市（Gotham）选一个地方建一家百货商场。可供选址的地区有四个：

- 市郊
- 市中心
- 城市东部
- 城市西部

两家公司的收益矩阵见表4-3。由这些数字可以看出：

- 如果两家公司选择同一地区，该地区的市场就要被分割。除非市场很大，否则，选择不同地区会使它们挣到更多的钱。
- 米百儿公司的时尚风格在富裕的东部可以吸引大量顾客。
- 加西的实惠风格在中产阶级密集的西部可以吸引大量顾客。
- 市中心的顾客是来自其他地区，专门为了娱乐、餐饮或是购物而来的人们。这里市场潜力最大，尤其当在其他地区没有竞争对手时。

表4-3 选址博弈的收益矩阵

		加西			
		市郊	市中心	城市东部	城市西部
米百儿	市郊	30, 40	50, 95	55, 95	55, 120
	市中心	115, 40	100, 100	130, 85	120, 95
	城市东部	125, 45	95, 65	60, 40	115, 120
	城市西部	105, 50	75, 75	95, 95	35, 55

现在有16种战略组合，考察这些战略组合需花费一些时间，不过，考察后会发现，仅有一个战略组合是纳什均衡：双方都将百货商场设置在市中心。或许是因为只有市中心才能吸引城市四个地区的所有顾客，所以，不管哪一方选择市中心，另一方的最优反应也是选择市中心。除此之外的任何一个战略组合，都无法使两个参与者的战略都是针对对方战略的最优反应，因此，不存在其他的纳什均衡。

4.4 纳什均衡的启发式寻找方法

当战略数量增多时，通过考察每一战略组合来确定纳什均衡会很麻烦。这时，我们可以运用**启发式方法**（heuristic method），直观地剔除掉每一个非均衡战略，直至找出均衡战略（如果存在的话）。如果你以前没有接触过启发式方法，可以这样理解：与精确的数学方法相比，启发式方法是解决问题的一种非正式或非确定性的方法，但通常很快捷，也很可靠。此处用到的方法是一些非正式的分析手段，包括图表和小图示。

纳什均衡的含义在于，只有当一个战略是最优反应战略时，它才会被选中。确定最优反应战略的一个简单方法，就是将收益矩阵中，与每一战略的最优反应战略相对应的收益数字标注下划线。表4-4以教科书博弈为例说明了这种方法，从中可以看出，如果一个方框中两个数字都被标注了下划线，这个战略组合就是一个纳什均衡。

还有一种方法经常被采用，这种方法提供的信息更多，但过程比较复杂。如果

表4-4 标注下划线的教科书博弈

		海弗拉普教授		
		400页	600页	800页
博英教授	400页	45, 45	15, 50	10, 40
	600页	50, 15	40, 40	15, 45
	800页	40, 10	45, 15	35, 35

在其他参与者保持原来的战略不变时，一个参与者能够通过改变战略获得更多的收益，那么，这个参与者就会调整他的战略。为了直观地表示这一点，我们可以画一个箭头，从初始的方格指向新的方格。对于沿着行进行选择的参与者，箭头的方向从左到右或从右到左；对于沿着列进行选择的参与者，箭头则向上或向下。

这种方法最容易应用到2×2博弈中，所以，让我们来试试囚徒困境博弈。表4-5给出了以箭头指示战略变化的囚徒困境博弈。回忆一下，在囚徒困境博弈中，收益表示的是惩罚程度，因此，数值越小越好。如果埃尔不认罪，鲍勃就会从不认罪转为认罪，以此来将他的刑期从一年减至零。其他的箭头也做类似的解释。运用这种方法，我们可以剔除均衡以外的其他可能情况。

表4-5　带有箭头的囚徒困境

		埃尔	
		认罪	不认罪
鲍勃	认罪	10年，10年	0，20年
	不认罪	20年，0	1年，1年

当然，教科书博弈有些复杂，其战略调整过程由表4-6给出。如果你仔细观察箭头，就会发现每个方格都有箭头指出，除了右下方的那个方格——纳什均衡方格。由于对于双方来说，方格中的战略都是他们的最优反应，所以，没有一个参与者可以通过改变战略而改善自己的境况。这就是为什么没有箭头从此方框指出的原因。箭头帮助我们将纳什均衡形象化了。通过画箭头，我们更进一步地掌握了博弈的动态，以及为什么纳什均衡处在右下方。由第一行第一列指出的箭头指向第一行第二列，但这一方格不稳定，接着又指向了下一个方格。

表4-6　带有箭头的教科书博弈

		海典拉普教授		
		400页	600页	800页
[illegible]教授	400页	45，45	15，50	10，40
	600页	50，15	40，40	15，45
	800页	40，10	45，15	35，35

实际上，自己画箭头要比读箭头容易得多，因为已经画上箭头的图看起来有点乱。下面，就请你自己动手试一试，在表4-3中用画箭头的方式找出选址博弈的纳什均衡。

4.5　选择电台节目形式

上面的博弈问题都只有一个纳什均衡，但是，也有存在两个或更多纳什均衡的博弈问题。下面就是一个例子。

有两家电台——维德和库尔。每家电台都可以在以下三种节目形式中选择：摇滚乐，乡村音乐和谈话。这是它们的三个战略，收益用它们获得的潜在听众的百分比表示。最多的听众是摇滚乐，占70%。如果两家电台都选择这种形式，它们就会平分听众，各获得35%的听众。表4-7给出了两家电台的收益矩阵。

表4-7　选择电台节目形式

		维德		
		摇滚乐	乡村音乐	谈话
库尔	摇滚乐	35，35	50，40	80，10
	乡村音乐	40，50	20，20	40，10
	谈话	10，80	10，40	5，5

试着在表格中划线或画箭头，剔除非纳什均衡的战略组合。这样做了之后，你会发现剩下两个战略组合：（乡村音乐，摇滚乐）和（摇滚乐，乡村音乐）。由于对两个电台来说，乡村音乐是对摇滚乐的

最优反应战略，摇滚乐是对乡村音乐的最优反应战略，所以，这两个战略组合都是纳什均衡。在这个例子中，最重要的是避免撞车。如果两个电台都选择同样的节目形式，即便是最受欢迎的形式，它们也会同时蒙受损失。只有当选择不同的节目形式，并且都避免不受欢迎的谈话类节目时，任何一方才无法通过选择另外的战略来提高自己的收益。虽然两个纳什均衡中的战略组合都是双方的最优反应，但并不意味着在这两个均衡中，每个参与者得到的收益也是一样的。选择摇滚乐的一方会赢得更多听众。然而，选择乡村音乐的电台却不能改善自己的境遇。如果它也选择摇滚乐，摇滚乐的听众就会被分割，收益将降低；若选择谈话，则更不可行。

该博弈存在两个纳什均衡，这给我们带来了麻烦，因为纳什均衡的增多使问题复杂化了。如果将博弈看成是一个待解的数学难题，我们就会明白个中原因了。对问题“如果参与者独立、理性并自利地行动，他们会选择什么战略”，我们想得出惟一答案。但由于存在两个纳什均衡，我们不能对这个问题给出一个明确答案。正是基于这一点，非惟一性才被看做是纳什均衡概念的缺陷。虽然很多研究致力于完善纳什均衡的概念，希望使所有的博弈问题都能有一个惟一的解，但这似乎是不可能的。当“撞车”的惩罚很严重时，类似于广播博弈的部分博弈问题，注定会有多个最优反应均衡。

两家电台面临着同样的问题，每一方都试图通过全面权衡来选择最优的广播形式。一方只有在明确知道另一方选择的情况下才能做出自己的选择。在现实中，这可能是个难题，也可能不是。假定库尔电台多年来一直是一家成功的摇滚乐电台，而维德从来没有采用过摇滚乐这种形式，那么维德就有理由相信，库尔会继续采用摇滚乐的形式，（摇滚乐，乡村音乐）是可行的均衡。于是，他会选择乡村音乐。

在这个例子中，维德从库尔的历史中得到线索，进而判断出，一个均衡发生的概率大于另一个均衡。为了纪念伟大的博弈理论家托马斯·谢林，人们把这种以线索为基础选择的均衡称为**谢林点**（Schelling point）或焦点。

然而，如果没有这样的线索，两个或两个以上纳什均衡的存在，仍是一个无法解决的问题。

详细解读
A Closer Look

托马斯 C. 谢林（Thomas C. Schelling, 1921—）

1921年生于加利弗尼亚州奥克兰市，曾就读于加州大学伯克利分校，在哈佛大学获得哲学博士学位。谢林曾在1945~1953年间为政府工作，1958~1959年就职于兰德公司。这两段经历对他的学术思想产生了重要影响。1958年他回到哈佛，1969加入了肯尼迪政府学校，1990年以来一直任教于马里兰大学。谢林在经济和战略行为方面有很多重要的著作，其中1960年出版的《冲突战略》（*The Strategy of Conflict*）对博弈论做出了突出的贡献。

4.6 推与不推博弈

为了更透彻地理解谢林点的概念，让我们再来看一个具有多个纳什均衡的博弈问题：推与不推博弈。该博弈有点像囚徒困境博弈，包括两个参与者，每个参与者有两个战略。假定吉姆和卡尔驾车行驶在同一条马路上，横卧在路上的一棵大树挡住了他们的去路。他们必须将树移走才能继续前行，否则就得掉头返回。因为移走大树需要他们齐心协力将树推下公路，所以，每个人都有两个战略可供选择：推或不推。

PDG

如果两个人都选择推，树就会被成功地挪走，每人得到的收益是为5。如果一个人推，另一个不推，那么推的人会受伤，收益为-10，而另一个人则要费点力气将他送入医院，得到的收益为0。如果两人都选择不推，他们就得掉头驶回，每人的收益均为1。具体的收益矩阵见表4-8。

表4-8 推与不推博弈

		吉姆	
		推	不推
卡尔	推	5, 5	-10, 0
	不推	0, -10	1, 1

观察这个收益矩阵，不管划线还是画箭头都能发现，这一博弈有两个纳什均衡：(推，推）和（不推，不推）。不过，这两个均衡存在一个明显的区别：第一个均衡中双方得到的收益均高于第二个均衡。事实上，第一个均衡的收益优于任何其他的战略组合。我们将这种情况表述为：(推，推）均衡是**收益占优均衡**（payoff dominant equilibrium）。收益最大这个特征似乎能够使（推，推）均衡成为博弈的谢林点。显而易见，每一方都会认为对方将选择推，所以他自己也会选择推。

然而，经验可能会打破这种思路。假定吉姆与卡尔曾有过一段交往，因此知道卡尔很懒，做事情从来都不真正努力，卡尔也知道吉姆对他的看法。因为吉姆预期偷懒的卡尔不会真推树，所以他也将选择不推，以避免自己受伤和得到-10的收益。卡尔能预见到这一点，所以即使卡尔认为吉姆的看法是错误的，卡尔也不会推，因为他害怕自己受伤。所以，我们不能确定（推，推）这个均衡是否一定会发生，除非我们知道卡尔和吉姆对彼此的看法。

详细解读
A Closer Look

谢林点的基础

像历史或经验一样，某一显著的自然或社会标志物也可以成为谢林点的基础。20世纪60年代，谢林在课堂上做了一项头脑实验，他问了学生们一个问题：有一天，你要和朋友在纽约见面，但不知道时间和地点，你的朋友也不知道，那么你将会在什么时间、什么地点见你的朋友？大多数的学生都说他们会在正午中央车站的大钟下见朋友。在20世纪中叶，对于纽黑文的学生来说，在中央车站的大钟下面见朋友是最常见的。这种传统足以消除问题中的不确定性，让学生们想到这个见面地点。(纽约其他地区的居民可能会想到其他的地点。例如，从美国其他地区来纽约旅游的人会想到帝国大厦，这依情况而定。）当然，正午12点是钟面上一个最明显的标志：两个指针都向上。这也足以消除不确定性，让学生们同时想到这个时间。

推与不推博弈的另外一种可能结果是双方为了避免-10的收益而选择（不推，不推）。因为这个均衡规避了最大的损失，所以被称为**风险占优**（risk dominant）纳什均衡。风险最小这个特征与收益最大的特征一样，也可能引起卡尔和吉姆的注意，并使（不推，不推）成为谢林点。实验研究表明，在不同的博弈中，收益占优均衡和风险占优均衡都有出现的可能。

推与不推博弈是一个纯**协调博弈**（coordination game）的例子。只有协调彼此的战略选择，两个参与者才能得到最优的收益。协调战略说起来轻而易举，做起来却很难。就像我们在上面看到的那样，如果参与者不希望合作，他们就无法得到最优的收益。在协调博弈中，成功或失败在一定程度上是一个自我确认的预言。

4.7 赶集日

中世纪时期，欧洲优若兰德（Uratland）省的每个城镇，每周都有一天为集市日。不同的

城镇在不同的日期组织集市，黑迈得（Heimatsdorf）的集市在周一，福瑞博格（Freiburg）在周二，科雷斯坦德（Kleinstadt）在周三，等等。一个城镇把集市定在哪一天似乎是随机的，但每个城镇都恪守所选的日期，大家都能记住，没有人想改变。我们如何解释这一现象呢？

首先，一个城镇每天都组织集市是不可行的。700年前欧洲的运输技术和交通系统极为落后，几乎要耗费大半天时间，才能把货物从一个村庄运到相邻几英里的另一个村庄，剩下的买卖时间只有几个小时，这样人们就没有时间在农田里工作了。

让我们从两个村民的角度来看一下这个问题，西蒙是买方，皮也门是卖方，每个人都可以在一周中（除星期天）的任何一天去集市。这六天是他们的战略。如果他们在同一天去集市，那么他们双方都可以获利，收益组合为（3，3）。但如果他们不在同一天去集市，他们便不能交易，交通成本也得不到补偿，这样，收益组合为（−1，−1）。收益矩阵见表4-9。

表4-9 赶集日

		西蒙（买方）					
		星期一	星期二	星期三	星期四	星期五	星期六
皮也门（卖方）	星期一	3, 3	−1, −1	−1, −1	−1, −1	−1, −1	−1, −1
	星期二	−1, −1	3, 3	−1, −1	−1, −1	−1, −1	−1, −1
	星期三	−1, −1	−1, −1	3, 3	−1, −1	−1, −1	−1, −1
	星期四	−1, −1	−1, −1	−1, −1	3, 3	−1, −1	−1, −1
	星期五	−1, −1	−1, −1	−1, −1	−1, −1	3, 3	−1, −1
	星期六	−1, −1	−1, −1	−1, −1	−1, −1	−1, −1	3, 3

这个纯协调博弈存在六个纳什均衡，从星期一到星期六，两个村民选择同一天去集市都是一个纳什均衡。他们要揣度，博弈的最终结果会是哪个纳什均衡。在该例中，博弈的逻辑推理并没有给出谢林点，提供谢林点的是城镇的习俗。福瑞博格总在星期二举行集市，如果西蒙和皮也门住在福瑞博格，他们就会选择（星期二，星期二）这个那什均衡。同理也适用于黑迈得、科雷斯坦德和优若兰德省的其他城镇。

上面的例子告诉我们两个重要结论：其一，在特定情况下，惯例和传统能够提供多纳什均衡博弈的解；其二，协调博弈中的纳什均衡可以解释为什么习俗和惯例看似很随意，实际却很稳定，因为它们都是纳什均衡，能够自我强化。

4.8 再议《美丽心灵》

第1章提到了电影《美丽心灵》中的金发女郎问题。在这个例子中，约翰·纳什建议他的同伴追求其他女士，而不要去追求酒吧中惟一的金发女郎。我们现在想问，这一解决方案是纳什均衡吗？表4-10给出了这个博弈。

表4-10 2×2金发女郎问题

		约翰	
		追求金发女郎	追求其他女士
雷哈德	追求金发女郎	0, 0	2, 1
	追求其他女士	1, 2	1, 1

电影给出的解是（1，1），约翰和雷哈德

都去追求其他女士。然而，这并非双方的最优反应战略，因此是不稳定的。如果雷哈德知道约翰会追求其他女士，那么，雷哈德的最优反应是追求金发女郎，反之亦然。与选择广播形式的博弈类似，金发女郎问题是个协调博弈，纯战略情况下的纳什均衡为（1, 2）和（2, 1）。这里也存在两个问题：第一，均衡时的收益是不均等的，某个人必须接受较低的收益。第二，该博弈显然不存在谢林点，所以，对于哪个均衡会发生，双方会有不同的见解。如果双方都认为对方的追求目标是其他女士，那么每个人就都会去追求金发女郎。于是，战略组合又恢复到初始的（0, 0）。看起来，纳什均衡正是电影中虚构的约翰·纳什试图回避的东西。

但是，故事还没有结束，在第9章我们还会再次考察这个电影中的问题。

详细解读
A Closer Look

纳什均衡的精炼

当一个博弈存在多个纳什均衡时，我们可能想缩小范围，排除中选可能性小的均衡。在非合作均衡理论中，有许多概念被称为纳什均衡的精炼，它们为在多纳什均衡情况下排除一些均衡，聚焦另一些均衡提供了可信的理论基础。然而，不幸的是，没有一种理论能够适用于所有的场合，所以，需要我们根据博弈的具体情况，有针对性地进行选择。本书会涉及很多纳什均衡的精炼。

4.9 逃跑博弈

巡警彼得正在追捕盗窃嫌疑犯弗瑞德，弗瑞德在滨河路上遇到了死胡同，跟在后面的彼得暂时看不见弗瑞德，趁着这个时候，弗瑞德可以向北或向南转，这是他的战略。如果南转，他可以乘渡船到达另一管辖区，然后逃跑。如果北转，他可以藏身于女朋友的住所，让她开车载他到另一管辖区，然后一起远走高飞。做出决策后，弗瑞德不见了。彼得来到了死胡同，与弗瑞德一样，他也必须做出决定，向北还是向南。如果南转，并且弗瑞德也转向了南，那么彼得可以在弗瑞德上船之前将其拦截并逮捕他。如果两人都转向北，彼得不仅可以在弗瑞德女朋友的住处抓住弗瑞德，还能以帮凶的名义逮捕弗瑞德的女友，从而获得一笔奖金。但是，如果转错了方向，彼得就抓不住弗瑞德，不仅他的部门上司会对他感到失望，更糟的是，一旦弗瑞德转向南而彼得转向北，他还会因为误闯弗瑞德女朋友的住所、骚扰该女子而受到谴责。

表4-11 逃跑博弈的收益

		彼得	
		北	南
弗瑞德	北	−1, 3	4, −1
	南	3, −4	−2, 2

不同战略的具体收益见表4-11。

如表4-11的箭头所示，在这个博弈中，没有一个方格对应于纳什均衡。无论我们从哪个方格开始，两个人当中总有一方会改变战略。这说明，有些博弈不存在纯战略意义上的纳什均衡。[3]

最后，我们再来看一个校园游戏。五十多年前，我自己曾在路易斯安那州的布兰查德学校偷偷玩过这个游戏。游戏叫做猜便士比赛。一方是偶，一方是奇。每方分别出示一个硬币，正面朝上或背面朝上。如果双方硬币朝上的面相同，那么偶方得到这两个硬币。如果硬币朝上的

3 我们目前处理的战略都是纯战略。但是纯战略与较为复杂的非纯战略的组合也是可能的，我们将在第8章作进一步介绍。

面不同，那么奇方得到这两个硬币。收益矩阵见表4-12。我们又一次看到猜便士比赛在纯战略情况下没有纳什均衡。

孩子们在校园玩的游戏没有纳什均衡不足为奇。因为没有纳什均衡，游戏的结果充满了不确定性，游戏玩起来才有意思。本节列举上面两个例子，是为了提醒我们不要把任何事情都想当然。只要我们研究的博弈存在有限个战略，我们就不能说每个博弈都有纳什均衡。

表4-12 猜便士比赛

		罗杰	
		正面	背面
贝瑞	正面	−1, 1	1, −1
	背面	1, −1	−1, 1

小结

在一个没有占优战略均衡的博弈中，如果每一参与者都采用了针对其他参与者所选战略的最优反应战略，那么参与者的战略选择仍然是确定、可预测且理性的。我们把这种情况称之为纳什均衡。占优均衡战略是一种纳什均衡，但有些纳什均衡却不是占优战略均衡。纳什均衡是一种非合作均衡，与博弈的合作均衡有可能相同，也有可能不同。

多数战略组合没有使博弈双方同时采取最优反应，剔除这些战略组合就可以得到博弈的纳什均衡。为了将剔除过程形象化，我们采用了画箭头的方式，箭头由收益矩阵中的一个方格指向同行或同列中提供更多收益的另一方格。

纳什均衡是求解博弈问题的一个普遍适用的方法，但也有些缺点。

- 有些博弈的纳什均衡并不惟一。部分博弈存在两个或更多的纳什均衡。在这种情况下，博弈的参与者将很难确定哪个均衡会发生，这取决于他们能够得到的信息。如果有信号或线索使他们认为，其中的一个均衡比其他均衡更可能发生，那么这个更可能发生的均衡就是谢林点。但并非所有存在多个纳什均衡的博弈都具有谢林点。
- 并不是所有博弈（包含有限个战略）都存在纳什均衡。目前，我们仅研究了带有2个、3个或4个战略的有限战略博弈，战略数量超过这个范围的其他博弈可能不存在纳什均衡。

尽管有这些缺点，纳什均衡还是被应用于很多问题上。

练习与讨论

4.1 求解博弈

解释纳什均衡作为非合作博弈解的优缺点。

4.2 选址博弈

并不是所有的选址博弈都有类似的解决方法。看另一个例子：加西和米百儿要在戈瑟姆市河对面的麦伯利镇分别选择一个地点开办自己的商店。三个战略分别是：商业区，旧区和公园区。收益矩阵见表4-13。

这个博弈存在纳什均衡吗？如果存在，是什么？你预计加西和米百儿会选择哪一战略组合？将之与本章中的选址博弈进行比较。在这两个例子中，企业选址时集聚效应的重要性有什么不同？

表4-13 新选址博弈的收益矩阵

		加西		
		商业区	旧区	公园区
米百儿	商业区	70, 60	60, 120	80, 100
	旧区	110, 70	40, 40	120, 110
	公园区	120, 80	110, 120	50, 50

4.3 开车博弈

一辆奔驰车和别克车相遇在派格路和海卡珀路相交的十字路口。每辆车有两个战略：等待，前行。收益矩阵见表4-14。

从非合作博弈的角度讨论这个问题。该博弈存在占优战略均衡吗？存在纳什均衡吗？如果存在，是什么？你能预测一下理性的司机们会选择哪一战略组合吗？为什么？派格镇决定在十字路口设置交通指示灯，这对博弈结果有什么影响？

表4-14 开车问题

		奔驰	
		等待	前行
别克	等待	0, 0	1, 5
	前行	5, 1	−100, −100

4.4 石头，剪刀，布

“石头，剪刀，布”是一个校园猜拳游戏。苏珊和苔丝是玩这个游戏的两个孩子，她们同时选择代表石头、剪刀或布的手势。输赢规则如下：

- 布包石头。（布赢石头）
- 石头砸碎剪刀。（石头赢剪刀）
- 剪子剪碎布。（剪子赢布）

收益矩阵见表4-15。

表4-15 石头，剪刀，布

		苏珊		
		布	石头	剪刀
苔丝	布	0, 0	1, −1	−1, 1
	石头	−1, 1	0, 0	1, −1
	剪刀	1, −1	−1, 1	0, 0

假定该博弈为非合作博弈，其存在占优战略均衡吗？存在纳什均衡吗？如果存在，是什么？你认为小女孩们会如何玩这个游戏？

4.5 越狱

参看第2章问题 2，从非合作的角度讨论这个博弈。它存在占优战略均衡吗？存在纳什均衡吗？如果存在，是什么？双方会如何理性地选择战略？

4.6 姐妹成绩博弈

参看第2章问题1，从非合作的角度讨论这个博弈。它存在占优战略均衡吗？找出这一博弈中所有的纳什均衡，有某个纳什均衡比其他均衡更可能发生吗，为什么？

第5章

博弈论中的经典例子

预备知识

- 为了更好地理解本章内容，需要掌握第1~4章的相关内容。
- 本章主要概念：最大最小战略、零和博弈、常数和博弈、非常数和博弈。

第4章是本书的重点章节，该章介绍的纳什均衡不仅能够用于所有非合作博弈的分析，也适用于合作博弈。随着内容的不断深入，我们会多次用到这一概念。本章将介绍纳什均衡的经典例子，这些耳熟能详的例子已经逐渐演化成为博弈论的重要术语，掌握它们是继续研究高级博弈问题的关键步骤。此外，本章还将探讨与纳什均衡密切相关的部分概念，这些概念不仅在博弈论中扮演着重要角色，也不断激励着今天人们的研究。

5.1 竞猜博弈

奥尔加和帕梅拉共同参加一项竞猜活动。竞猜的题目很简单，她们都有信心答出每一道题。不过，竞猜的过程稍微复杂一些，须遵守如下规则：

(1) 想要回答问题的参赛者需要按电钮。

(2) 如果一方按了电钮，她就必须回答这个问题。

(3) 回答正确得一分。

(4) 没有按电钮的一方会被扣去一分。

(5) 如果没有人按电钮，问题就会被取消，没有人得分。

(6) 如果两人都按了电钮，问题也会被取消，没有人得分。

参赛者有两个战略：按电钮或不按电钮。收益矩阵如表5-1所示。

表5-1 竞猜博弈的收益

		帕梅拉	
		按电钮	不按电钮
奥尔加	按电钮	0, 0	1, −1
	不按电钮	−1, 1	0, 0

很容易看出，该博弈存在一个占优战略均衡，即（按电钮，按电钮）。结果是双方

都按电钮，没有人得分。[1]这一博弈类似于囚徒困境，所不同的是，如果任何一方都不按电钮，她们的境况也不会变得更好，收益仍然为零。

在该博弈中，两个参与者的收益之和为零，由此引出了**零和博弈**（zero-sum game）的概念。本书探讨的大多数博弈都是**非常数和博弈**（nonconstant-sum game），总收益取决于参与者所选择的战略。与这些博弈不同，竞猜博弈是一个**常数和博弈**（constant-sum game）。回忆一下，在第3章的政治博弈中，候选人得票率之和为100%，因此政治博弈也属于常数和博弈。

我们可以换一种方法来分析常数和博弈，特别是零和博弈中的均衡。为了阐明观点，让我们从帕梅拉的角度重新审视一下竞猜博弈。表5-2列出了帕梅拉的收益情况，由于帕梅拉知道只要奥尔加的收益增加，她的收益就会减少，所以帕梅拉能够准确地判断奥尔加的收益，以及她应该采取的最佳反应战略。无论帕梅拉选择何种战略，奥尔加的最佳反应战略都是要使帕梅拉的收益最小，表5-2的最后一行给出了帕梅拉每种战略下的最小收益。对帕梅拉来说，最优战略是其最小收益中数值最大的收益所对应的战略，即**最大最小战略**（maximin strategy），本例为“按电钮”。由于奥尔加会以相同方式思考，所以也将选择最大最小战略，相当于帕梅拉最大收益中数值最小收益（**最小最大收益**（minimax payoff））所对应的战略。

表5-2 竞猜博弈中帕梅拉的收益表

		帕梅拉	
		按电钮	不按电钮
奥尔加	按电钮	0	−1
	不按电钮	1	0
最小值		0	−1

在博弈论发展初期，有关零和博弈的研究十分重要。当然，非常数和博弈（包括非零和博弈）也具有相当重要的地位。对目前为止我们所接触过的博弈做一回顾，第1章中的“西班牙叛乱”和“尼姆”游戏属于零和博弈，“囚徒困境”和“广告博弈”则不属于零和博弈；第2章和第3章中的博弈大多是非常数和博弈，如选址博弈、选择电台节目形式的博弈，以及推与不推博弈，只有猜拳博弈与猜硬币博弈属于零和博弈。

下面是一个关于价格竞争简化模型的零和博弈例子。我们借用19世纪40年代奥古斯丁·古诺的案例，假设有两家矿泉水销售公司（命名为冰水公司和温泉公司），无论是否卖出产品，每一时期两家公司的固定成本都是5000美元。

两家公司在同一市场展开竞争，都要在高价（每瓶2美元）或低价（每瓶1美元）之间做出选择。博弈规则如下：

(1) 售价为2美元/每瓶时，可卖出5000瓶矿泉水，收入为10 000美元。

(2) 售价为1美元/每瓶时，可卖出10 000瓶矿泉水，收入为10 000美元。[2]

(3) 如果两家公司选择相同价位，将平分市场份额。

(4) 如果一家公司选择高价位，则低价公司可售出所有矿泉水，而高价公司一瓶也卖不出去。

(5) 收益等同于利润，即收入减去5000美元的固定成本。

1 当然，这就会使竞猜活动变得很无聊。如果增大问题的难度，且规则改为只在答错情况下扣分将不失为一个更好的办法，只是问题就会变得更加复杂。本部分需要的是一个简单的例子，尽管竞猜过程太过简单，难免有些脱离现实。

2 学过微观经济学原理的同学会意识到，我们做了一个简化的假设，即需求弹性恰好为1。如果需求弹性不为1，情况就会变复杂。

PDG

两家公司的收益矩阵见表5-3（请读者自己证明该例为零和博弈）。

表5-3 矿泉水博弈的收益矩阵

		冰水公司	
		售价1美元	售价2美元
温泉公司	售价1美元	0, 0	5000, −5000
	售价2美元	−5000, 5000	0, 0

下面利用最大最小法则进行求解。在该博弈中，冰水公司售价1美元的最小收益为0美元，售价2美元的最小收益是−5000美元，所以最小收益的最大值所对应的价格为1美元。对于温泉公司，会得到同样结果，这样双方都会选择1美元/每瓶的价格。

双人零和博弈是最简单最普通的一种博弈，在这类博弈中，最大最小解往往与纳什均衡是一致的。不过，这种简单的对应关系并不适用于非常数和博弈，而且在一些零和博弈中，可能不存在满足最大最小法则的战略。

详细解读
A Closer Look

奥古斯丁·古诺（Augustin Cournot, 1801—1877）

奥古斯丁·古诺出生于法国上索恩省的小镇格莱，曾在贝桑松皇家学院、巴黎高等师范大学以及索邦神学院学习数学，得到了著名数学家泊松的赏识。1838年，古诺任公共教育检查部长期间，出版了《财富理论的数学原理的研究》（*Recherches sur les principes mathématiques de la théorie des richesses*）一书，该书重点探讨了数理经济学，并首次对需求函数进行了研究。古诺的双寡头垄断理论被视为纳什均衡的经典例证，因此一些博弈论学者称其为古诺-纳什均衡。

5.2 最大最小解

让我们再来看一下猜便士比赛博弈，收益矩阵见表5-4。读者应该可以证明这是一个零和博弈。经过分析可知，任何一组战略都无法构成纳什均衡。如果运用最大最小法则求解，就很容易得到该博弈不存在纳什均衡的原因。对于罗杰来说，两种战略的最小收益是一样的，都为−1，贝瑞也是如此。所以从数学的角度来说，两种战略都符合最大最小法则，而最大最小法则没有告诉我们选择哪种战略更好。

表5-4 猜便士比赛博弈

		罗杰	
		正面	背面
贝瑞	正面	−1, 1	1, −1
	背面	1, −1	−1, 1

由此可以得出结论，最大最小法则并非适用于所有双人零和博弈，这也是该法则的一个不足之处。另外，在非常数和博弈中，最大最小解与纳什均衡可能不完全一致。以第4章习题中的开车博弈为例，两车相遇于十字路口，每辆车都面临两种战略：等待或者前行（收益矩阵见表5-5）。

表5-5 开车博弈

		奔驰	
		等待	前行
别克	等待	0, 0	1, 5
	前行	5, 1	−100, −100

开车博弈存在两个纳什均衡，战略组合都是一车等待而另一车前行。但是，当我们运用最大最小法则时，将得到一个完全不同

的答案。对于奔驰车而言，等待的最小收益是0，前行的最小收益是-100，根据最大最小法则，等待是最佳选择。同样，别克车也是如此，因而该博弈的最大最小解是（等待，等待）。

当纳什均衡与最大最小解不一致时，什么样的选择才更加理性呢？一方面，如果某参与者决定等待，对手的最佳反应战略显然不是等待，这样（等待，等待）的战略组合也就无法成为纳什均衡。另一方面，由于存在着两个纳什均衡，现有信息条件下任何一方都无法确定对手的战略选择。因此在该例中，不确定性是求解纳什均衡的最大障碍。

需要强调，在某些特殊条件下，依靠现有信息双方都无法确定对手战略选择的情形确实存在着。比如，有红绿灯时司机都很清楚应该怎样做，不存在不确定性的问题，结果就会产生一个谢林点。如果一方比另一方早到达十字路口，根据许多州的法律规定，先到十字路口的车辆有先行权，也将产生一个谢林点。但是，若双方得不到任何提示信息，则无法形成谢林点均衡，因而不确定性就成为博弈的主要问题。一些博弈论学者利用大量的案例证明：在许多不确定性情况下，最大最小解是理性选择。

但是上述结论并不总是成立的，看看第4章中的推与不推博弈（收益矩阵见表5-6）就能了解其原因。该博弈同样存在两个均衡，只是其中一个均衡要优于另一个，这就为我们解决不确定性问题找出谢林点提供了依据，正是基于此，（推，推）最有可能成为纳什均衡解。不过，当我们运用最大最小法则时，结果就完全不同了。对于每一参与者来说，推的最小收益是-10，而不推的最小收益是0，所以最大最小解是（不推，不推），它虽然也属于纳什均衡，但却是一种较劣的选择。

表5-6 推与不推博弈

		吉姆	
		推	不推
卡尔	推	5, 5	-10, 0
	不推	0, -10	1, 1

在非常数和博弈中，最大最小解是理性的吗？存在两种答案，而且可以举出许多与之相符的事例。如果我们把理性理解为每个参与者都将选择相对于对方所选战略的最佳反应战略，那么总的来说，非常数和博弈中的最大最小解就不是理性解。若拓宽理性的概念，把面临不确定性时的谨慎选择也包括在理性范围之内，则一些非常数和博弈中的最大最小解就将变成理性解。不过，多大程度的谨慎才算是理性的呢？最大最小战略已经算是极端谨慎的战略了，然而某些最大最小战略仍然是非理性的，就像在推与不推博弈中一样。要解决这一问题，我们需要利用更加高级的工具。

5.3 零和博弈的作用

零和博弈对问题进行了简化，但可能会偏离现实世界中人类的真实活动。到目前为止，许多博弈例子都是带有娱乐性质或与战争有关的[3]，如第2章学习的有关军力调拨的非常数和博弈等，它们都不属于零和博弈。那么除了可以简化问题外，零和博弈对于研究人类之间的相互关

3 带有娱乐性质的博弈不全都是零和博弈，我的个人经历可以证明这一点。上小学的时候，我就已经开始打篮球。与同龄人相比，我长得又高又瘦，运球速度一般，也不擅于投篮。相对于进攻，我更擅长防守，因此我就想做好防守，但即便是队友也不希望我只想着防守。他们既想要赢球，又想要享受跑动和投篮的乐趣。所以当我一心一意防守时，伙伴们都感觉不是很痛快。虽然打篮球有输有赢，但必须承认：小学时打篮球不是一个零和博弈。对于真正的篮球比赛，教练的目标是赢球，不会在乎奔跑和投篮的多少，这是他们的职业所需，同时也解释了很多篮球教练强调防守的原因。后来，我放弃了打篮球，开始玩桥牌，这样我就可以进行自由的防守了。

系还能起到什么作用呢？

写这部分内容时，我碰巧在当天晨报中看到了一段有关零和博弈的材料(见The *Philadelphia Inquirer* for Presidents'Day，2002年2月18日)，是商务版专栏为费城税收改革提供的相关建议，大标题为“降低工资税不是一个零和博弈”。文章认为，税收改革方案是费城政府与企业的双赢博弈[4]。专栏作者提醒我们不要把问题过于简单化，一些人认为税收改革在让某些人受益的同时必定会损害其他人的利益。在零和博弈中，情况的确如此，在双赢博弈中却有所不同，因为双赢博弈是非常数和博弈。另外，经济学家莱斯特·梭罗（Lester Thurow）所著的《零和社会》（*The Zero-Sum Society*）一书中，也着重阐述了将问题过于简单化的不良后果。[5]

上述例子说明，零和博弈在研究人类之间的相互作用方面是有缺陷的，它与日常工作中遇到的复杂情况存在着一定差距，也告诫我们不要把问题过于简单化。应该说，零和博弈是其他博弈的基础，为复杂博弈的深入研究提供了基石。为了说明非常数和博弈的重要性，本章将继续介绍一些博弈论发展中关于非常数和博弈的经典例子，随着学习的不断深入，这些例子将被经常提及。

5.4 性别大战

从囚徒困境开始，2×2博弈受到了广泛的关注，存在多个纳什均衡解的2×2博弈例子，在博弈论现行研究中起到了十分重要的作用，性别大战便是其中之一。与囚徒困境一样，让我们先从一个小故事开始。

马琳和吉尔摩经常在星期六晚上聚在一起，吉尔摩喜欢看棒球比赛，马琳喜欢看演出（虽然显得有些老套，但这就是他们想要做的）。由于电话公司罢工，马琳的因特网服务到期，并且吉尔摩的手机又没电了，使得他们无法相互联络对方。在这种情况下，见到对方的惟一办法是赶往同一个地点。对于每个人，都有两种战略可供选择：看棒球比赛或看演出，收益见表5-7所示。

表5-7 性别大战

		马琳	
		看比赛	看演出
吉尔摩	看比赛	5, 3	2, 2
	看演出	1, 1	3, 5

该博弈存在两个纳什均衡：（看比赛，看比赛）和（看演出，看演出）。当然，我们必须判断哪一种纳什均衡更可能发生。从双方共同的角度来看，每一均衡解都不优于另一个，由于缺少足够的信息，无法找到谢林点。正是由于不能给出博弈的确切答案，性别大战在博弈论研究中总是占有一席之地，后面也将多次提及。

5.5 胆小鬼博弈

胆小鬼博弈是另一个得到广泛应用的2×2博弈，与我们见过的其他博弈既有相似的地方，又有不同之处。胆小鬼博弈可能源自20世纪50年代一些关于大马力赛车的电影情节，也可能受类似新闻事件的启发。该博弈的参与者包括麦克和奈尔两名赛车手，规则要求两人驾车同时驶向对方，这样会有撞车的危险。如果一人在最后时刻把车转向，那么这个人就将输掉比赛，被

4 Andrew Cassel, “Commentary: Cutting Wage Tax Wouldn't Be a Zero-Sum Game for City,” *The Philadelphia Inquirer* (Monday, February 18, 2002), Section C, pages C1, C9.

5 Lester Thurow, *The Zero-Sum Society*, (New York: Basic Books, 1980).

PDG

视为胆小鬼；若都没有转向，两车很可能相撞，车手非死即伤，损失更大。第三种可能是，如果都把车转向，双方将既没有收益也没有损失（收益矩阵见表5-8）。

该博弈存在两个纳什均衡，即一车转开另一车直行。与前面的例子一样，我们没有足够的信息确定谢林点，无法判断哪一种均衡更有可能发生。这不仅对博弈论学者来说是个难题，也让赛车手非常头疼。从表面来看，车手很可能互不相让，最终车毁人亡。

表5-8 胆小鬼博弈

		麦克	
		不转开	转开
奈尔	不转开	−10, −10	5, −5
	转开	−5, 5	0, 0

20世纪50～80年代美苏关系紧张期间，胆小鬼博弈对美国的核政策产生了一定影响。当时两国正在进行核冷战，局面与胆小鬼博弈十分相似。如果双方都选择发射导弹，且没有控制弹道的能力，将导致“两败俱伤”，如果导弹发射后，双方都有能力控制其导弹的话，就会变成一个胆小鬼博弈。

由于纳什均衡解并不惟一，所以胆小鬼博弈仍然是值得博弈论学者继续研究的一个问题。

5.6 鹰鸽博弈

另一个具有两个纳什均衡解的2×2博弈叫做鹰鸽博弈。生物学家研究动物行为和进化时发现，某些动物在争夺资源或捕食的过程中富有攻击性，而另一些只是佯装进攻，然后择机逃跑。一般来说，鹰通常采取猛烈进攻的战略，鸽子则采取逃跑的战略。

在群体生物学中，假设一种动物每次遇到另一种动物都会为某种资源展开争斗，其间采取进攻或逃跑的战略。动物每次相遇，博弈都会发生，但是不同动物发生争斗，结果有所区别。如果两只富有攻击性的鹰相遇，它们会一直争斗下去，直到两败俱伤。即便一方最终占有资源，双方还是会各有损失。如果两只鸽子相遇，在佯装进攻后，双方都选择逃跑，跑得较慢的鸽子将占有资源。当一只鹰和一只鸽子相遇时，鸽子会逃跑，鹰则以很小的成本或零成本占有资源。

一般来说，收益取决于获取资源所得到的效用和争斗（或佯装争斗）付出的成本。表5-9列出了收益情况，我们暂且不讨论收益的求解过程（关于这些数值的含义可以参考第9章的相关内容）。

可以看出，鹰鸽博弈存在两个纳什均衡，与胆小鬼博弈相似，每种均衡都是两只鸟采取不同的战略，一个攻击，另一个逃跑。

表5-9 鹰鸽博弈

		鸟B	
		鹰	鸽子
鸟A	鹰	−25, −25	14, −9
	鸽子	−9, 14	5, 5

当然，在很多重要方面，鹰和鸽子的行为无法与人类相比。博弈论中的理性人是有思维能力的生物，他们会考虑行为的收益，以收益最大化为目标选择相应的战略。而鹰和鸽子恰恰相反，不具有思维能力，将鹰的攻击性行为称做是一种战略选择，其实并没有什么意义。对于这一问题，后面会加以讨论。鹰鸽博弈源自群体生物学，并不属于真正的双人博弈，而是一种群体博弈。当我们开始讲述多个参与者的博弈问题后，会在第11章里继续探讨鹰鸽博弈。

鹰鸽博弈把博弈论与生物学联系在一起，使其更加生动活泼。同时，鹰鸽博弈是一个具有

两个纳什均衡的2×2博弈，没有足够的信息确定谢林点。

除了收益矩阵中的数值有所不同以外，胆小鬼博弈与鹰鸽博弈非常类似。需要强调的是，从某种角度来看，两者属于同一种类型的博弈问题。

5.7 以序数表示收益

如果换一种方法表示收益，就能够更加清楚地认识胆小鬼博弈与鹰鸽博弈之间的相似之处。下面用**序数**（ordinal number）代替基数来说明问题，序数表达的是次序而不是具体的数量，因此用最好、第二好、第三好和最差的收益来代替具体的数字。当我们用序数表示胆小鬼和鹰鸽博弈的收益时，两个例子的结果将变得完全一致（收益矩阵见表5-10）。

表5-10 以序数形式表示的鹰鸽博弈和胆小鬼博弈

		A	
		进攻	逃跑
B	进攻	最差，最差	最好，第二
	逃跑	第二，最好	第三，第三

在胆小鬼和鹰鸽博弈中，可供选择的战略相对较少，所以是用基数还是用序数表示收益并不十分重要。但是对于有些博弈，战略组合可能会有成千上万个（需要注意，前提仍然是有限多个[6]），要想全部将它们列举出来是相当困难的，此时以序数形式表示的收益（哪一战略收益最多，哪一战略收益次之，等等）就将起到非常关键的作用。

需要指出，任何具有相同序数收益的两个博弈有相同的均衡解，更进一步，可以认为它们是相同的博弈。

再次回到囚徒困境的例子，表5-11为以序数形式表示的收益情况。

表5-11 以序数形式表示的囚徒困境

		埃尔	
		认罪	不认罪
鲍勃	认罪	第二，第二	最差，第一
	不认罪	第一，最差	第三，第三

回顾前面章节提到的社会两难问题，包括广告博弈、第一次世界大战的军力调拨博弈、垃圾处理博弈以及囚徒困境，会发现这些博弈以序数形式表示的收益矩阵都是相同的。从这种意义上说，所有的社会两难问题都是一致的。

小结

本章着重介绍了博弈论中两种不同的经典例子，这些例子对博弈论过去的发展有着重大影响，现行研究也离不开它们。

第一种是零和博弈。一般地，博弈分为常数和博弈与非常数和博弈两大类。在常数和博弈中，无论参与者选择何种战略，其收益之和总是一个常数。零和博弈是非常普遍的一种常数和博弈，其总收益为零。在任何一个常数和博弈中，都可以用最大最小法则或最小最大法则找到纳什均衡（如果纳什均衡存在的话）。最大最小法则要求先确定每一战略的最小收益，然后选择最小收益中数值最大的收益所对应的战略，即得到纳什均衡。最小最大法则与之恰好相反。不过，当我们将最大最小法则应用于非常数和博弈中时，可能出现针对不确定性的谨慎行为，

6 也许你会问，如果博弈中的战略不是有限的，结果会怎么样呢？第8章将会讨论这一问题。

PDG

这种行为通常是理性，有时也可能是非理性的。

第二种博弈是存在两个纳什均衡解的2×2非常数和博弈。这类博弈都是协调博弈，包含很多种形式，若以序数形式表示战略收益，则可以将其归为一类，如社会两难问题。性别大战、胆小鬼博弈、鹰鸽博弈都是博弈论中的重要例子，对于现行研究仍然必不可少。

练习与讨论

5.1 矿泉水博弈

让我们将矿泉水博弈中每家公司的固定成本由5000美元变为2000美元。

修改后的博弈属于哪种类型？纳什均衡有哪些？应用最大最小法则求解该博弈的均衡，并给出两点理由以证明结论的正确性。

5.2 社会两难问题

以序数形式表示社会两难问题的一般收益矩阵，试概括社会两难问题中的两个战略。

5.3 对比推与不推博弈和性别大战博弈

以序数形式分别表示推与不推博弈和性别大战博弈的收益矩阵，并加以比较。

第6章 三人博弈

预备知识

- 为了更好地理解本章内容，需要掌握第1~4章的知识。
- 本章主要概念：联盟、拆台者、公共物品。

到目前为止，我们只讨论了最简单的两人博弈，参与者选择战略时只需要考虑单一对手的反应。在博弈论中，三人博弈或多人博弈的应用也十分广泛，有必要专门研究一下三人博弈（冯·诺伊曼和摩根斯坦在其著作《博弈论与经济行为》一书中也对三人博弈进行了阐述）。此种安排主要基于两方面的考虑：首先，三人博弈比较简单，运用比两人博弈稍微复杂的分析技巧，就可以处理三人博弈问题。其次，对三人博弈的研究可以拓展到多人博弈，两人博弈却无法做到这一点。例如，在三人博弈中，两个参与者很有可能联合起来对抗第三方，而这在两人博弈中是不可能发生的。

6.1 国际联盟

兰尼斯坦、圣吉亚和乌特兰是毗邻欧弗海湾的三个国家，各国在海湾附近都驻扎着陆军和海军。要想控制整个海湾，至少需要两个国家联合起来，而且与军队部署密切相关。如果两国联手控制了海湾，就将以牺牲第三国利益为代价，促进本国贸易和经济的繁荣。三个国家需要考虑的战略是在什么地点部署本国兵力：兰尼斯坦可以把军队部署在海湾的南面或北面，圣吉亚的军队可能在东面或西面，乌特兰军队控制了斯瓦普岛的近海处或陆地上。

表6-1　三国的收益

		乌特兰			
		陆地上		近海处	
		圣吉亚		圣吉亚	
		西	东	西	东
兰尼斯坦	北	6, 6, 6	7, 7, 1	7, 1, 7	0, 0, 0
	南	0, 0, 0	4, 4, 4	4, 4, 4	1, 7, 7

注：处于乌特兰位置的参与者收益通常被列在最后，本章也遵从了这一惯例。

表6-1直观说明了三个国家的战略与收

益情况，乌特兰的战略位于表右上方，圣吉亚战略位于乌特兰战略之下的竖列，兰尼斯坦的战略位于横行。矩阵中间的数字为各国收益，顺序为兰尼斯坦、圣吉亚和乌特兰。例如，若三个国家选择的战略是（南，东，近海处），则兰尼斯坦的收益等于1，圣吉亚和乌特兰都为7。

在博弈论中，把协调相互战略的参与者们叫做**联盟**（coalition），该术语来源于政治学。本例包括三种可能的两国联盟——兰尼斯坦与圣吉亚、兰尼斯坦与乌特兰、圣吉亚与乌特兰，当然三个国家联合起来也是可能的，政治学称之为**大联盟**（grand coalition）。受数学思维方式的影响，博弈论学者把一个参与者单独行动看做是自己与自己的联盟，引用扑克牌术语，可称之为**单人联盟**（singleton coalition），本例包括三个单人联盟。

这样，联盟之间的关系就更加明晰了。如果兰尼斯坦与圣吉亚结成两国联盟，则乌特兰成为单人联盟。按照此种方法，三个参与者组成了两个联盟：一个两人联盟和一个单人联盟，这就叫做**联盟结构**（coalition structure）。（这就是我们要将单独行动的个人看做单人联盟的原因。否则，当有人处于联盟之外时，将无法探讨联盟结构。）

以下是该例所有可能的联盟结构：

- （兰尼斯坦、圣吉亚和乌特兰）
- （兰尼斯坦和圣吉亚）；（乌特兰）
- （兰尼斯坦和乌特兰）；（圣吉亚）
- （圣吉亚和乌特兰）；（兰尼斯坦）
- （兰尼斯坦）；（圣吉亚）；（乌特兰）

如果三个国家打算结成一个大联盟，将约定选择（北，西，陆地上）的战略组合，使每个国家的收益都为6，总收益达到最大。不过，由于非合作博弈条件下不存在国际制约机制，迫使三个国家按照约定部署军力，约定的战略不会被执行，所以上述战略组合并不是一个纳什均衡。

详细解读
A Closer Look

尽管非合作博弈也可能出现联盟，但这种情况非常少见。在社会两难和其他非合作博弈中，只有单人联盟是稳定的，因此我们可以完全忽略联盟的存在。只有存在多个纳什均衡，并且参与者有机会在博弈前进行沟通的条件下，非合作博弈才可能出现联盟。联盟对于合作博弈是很重要的，在后面章节的学习过程中将所有体会，使用的术语与本章一致。

假设兰尼斯坦和圣吉亚组成联盟，约定分别选择北和东的战略。此时，乌特兰最好将兵力部署在陆地上，得到收益1。这是一个纳什均衡，不需要外在强制力就能实现。而且，兰尼斯坦和圣吉亚都不会违反已经达成的部署军力约定。

与此类似，兰尼斯坦和乌特兰可以结成联盟，把兵力部署在北面和近海处。如果圣吉亚选择西方，将形成一个纳什均衡。同样，圣吉亚和乌特兰也可以组成联盟，把军力部署在东面和近海处，此时兰尼斯坦选择南方将形成纳什均衡。上述两种情况下，纳什均衡的产生都不需要外在强制力。

可以看出，这是一个存在多重纳什均衡的博弈问题，现实中出现哪一均衡是不确定的。而且，两个国家制定联盟条例有助于促进谢林点的产生。一方面，既然每两个国家的联盟都对应一个谢林点纳什均衡，那么任何一个两国联盟都是可行的，制定联盟条例能够加强两国之间的协调。另一方面，由于三国大联盟不存在纳什均衡，如果缺少保证大联盟成员按照特定战略部署兵力的强制机制，大联盟则不太可能存在，所以两国联盟就显得尤为重要。

正如我们所看到的，在有三个或多个参与者的非合作博弈中，联盟也是有可能形成的。但是，在缺少制约机制的情况下，实现了纳什均衡的联盟才能存在。如果存在某种制约机制或者某种有效的方法，使得参与者能够协调彼此的战略，那么联盟形成的几率就大大增加了。后面的第12章和第13章探讨合作博弈问题，我们将接着这个话题继续展开分析，第9章会介绍另外一些非合作博弈的例子。

在本章余下的内容里，主要研究三人博弈在政治选举、股票市场和公共物品中的应用。

6.2 政治博弈中的“拆台者”

第三方有时会充当“拆台者”的角色。所谓**拆台者**（spoiler），是指自己不可能获胜却可以阻止其他人获胜的参与者。在美国总统选举中，“拆台者”的存在是相当普遍的。许多人认为，2000年大选中，拉尔夫·纳德就扮演了“拆台者”角色。事实上，1992年的总统候选人罗斯·佩罗、1968年的总统候选人乔治·华莱士和1980年的总统候选人约翰·安德森也曾扮演过同样的角色。

表6-2说明了纳德为什么是一个“拆台者”，该表与前面的表6-1十分相似。作为博弈的第三方，纳德的战略位于右上方，其收益排在最后。候选人布什被称为富有同情心的保守主义者，宣传中可采取两种战略：侧重“保守主义”，或者是“同情心”。戈尔可以选择以自由主义者或者以中立者的身份参加竞选，而纳德的战略是参选或者不参选。各参与者的收益用获得的普选票数表示，然而参与者收益并不一定与普选票数完全一致。在同等条件下，纳德（以及他的支持者）可能会更加支持戈尔，而不是布什，这一点并没有体现在戈尔的收益中。当然，纳德的支持者希望能最大限度地发挥他们普选票的作用。戈尔的参选存在不利因素，他获得的普选票数必须超出其他竞选者1%，才有机会赢得大选。另外，获得的普选票数越多，候选人在之后选举中的地位就越有利。

表6-2 2000年大选的支持率

		纳德			
		参选		不参选	
		戈尔		戈尔	
		自由主义	中立	自由主义	中立
布什	保守主义	45, 50, 1	45, 49, 3	45, 53, 0	45, 52, 0
	同情心	48, 46, 2	46, 47, 3	48, 48, 0	46, 50, 0

对于纳德的支持者来说，纳德参选是明显的占优战略。布什也存在占优战略，即强调同情心，放弃保守。戈尔并没有占优战略，在布什选择同情心战略时，戈尔最好以中立者的身份参选。

这样，政治博弈的纳什均衡战略就是（同情心，中立，参选），收益为（46, 47, 3），最终布什获胜。[1]需要指出，如果纳德不参加选举，布什和戈尔也会选择相同的战略，但是如果戈尔能够得到纳德支持者的普选票，其得票率就会提高四个百分点。尽管没有人能够确定普选票提高四个百分点能否赢得大选，但可能性将大大增加，这就是把纳德称为“拆台者”

1 在美国总统选举中，最终的结果是由总统选举团投票决定，并非由普选票决定。每个州选举团成员的人数和该州所拥有的参议员、众议员的人数相等，在州普选中获胜的人可以得到本州所有的选举团成员投票。在1876年和2000年两次竞选中，赢得选举团投票的获胜者在普选票上只略微高于其主要竞争对手。尽管如此，我们假设候选人仍然会尽可能提高普选票数以增加其在选举团选举中获胜的几率。

的原因。

详细解读
A Closer Look

约翰·梅纳德·凯恩斯（John Maynard Keynes, 1883—1946）

约翰·梅纳德·凯恩斯是20世纪前期最具影响力的经济学家，随着《和平的经济后果》（*The Economic Consequences of the Peace*）（1919）一书的出版，他“在有相同的眼光却缺乏勇气和有同样的勇气却缺乏眼光的人都保持沉默的年代，赢得了国际声望。”（约瑟夫·熊彼特在他的《经济分析史》（*History of Economic Analysis*）中这样写道。）经济大萧条之后，凯恩斯引领一群年轻且富有创造力的经济学家，尝试分析并解释了这一灾难。在集众人思想之所长的基础上，凯恩斯出版了《就业、利息与货币通论》（*The General Theory of Employment, Interests and Money*）一书，引用熊彼特的说法，这“是一项丰功伟绩。在书中，他使用综合分析方法，以其对社会和经济的理解点化英国应对大萧条的方法。”凯恩斯对于现代宏观经济学的建立功不可没。

6.3 股票投资建议

当博弈中存在三个或三个以上参与者时，对任一参与者而言，与大多数人合作总是比较好的选择，下面就是这样一个例子。

卢维坦亚是一个小国，该国的股票市场相当活跃，但是只有通用材料公司(GS)一家企业，还有琼、朱丽亚和奥古斯塔三个市场顾问。当至少两名顾问推荐购买通用材料公司的股票时，股价才会上升，推荐“买”的顾问会赢得声誉、客户群和一定的收入。当至少两名顾问推荐卖出通用材料公司的股票时，股价将下跌，推荐“卖”的顾问同样会赢得声誉、客户群和一定的收入。

表6-3 三人股票推荐博弈的收益

		琼			
		购买		卖出	
		朱丽亚		朱丽亚	
		购买	卖出	购买	卖出
奥古斯塔	购买	5, 5, 5	6, 0, 6	6, 6, 0	0, 6, 6
	卖出	0, 6, 6	6, 6, 0	6, 0, 6	5, 5, 5

表6-3为三名顾问的收益情况。通过分析可以发现，该博弈存在两个纳什均衡：一是三人都推荐“买”，二是三人都推荐“卖”。若三名顾问意见产生分歧，孤立者将遭受损失，进而会改变其战略选择。

在现实世界中，上面的例子能给我们什么启发呢？当然，现实世界的情形更为复杂，股票市场的咨询顾问远远不止三个，多数股票顾问出错的情况也时有发生。并且，除了大多数股票顾问的意见之外，股票价格还要受到公司收入等因素的影响。不过，如果股票顾问确信他们的意见足以影响股市价格走向，那么每个股票顾问都会努力与其他人步调一致，除非有足够的理由相信大多数人是错的。

不管是对是错，股票顾问的意见常常是一致的。凯恩斯曾经把股票市场比作英国报业20世纪初发起的选美比赛，选美的过程是这样的：在报纸上登出大约100张女孩的照片，邀请读者投票选出最漂亮的一位，得票最多的女孩就是选美冠军，投票正确的读者将得到小小的奖励。凯恩斯说，读者的目的并不是选出最漂亮的女孩，而是选出能被大多数人认为是最漂亮的女孩，股票市场也正是如此。正如凯恩斯所说的，在卢维坦亚的例子里，参与者并不需要预测股票市

场会朝哪个方向变动，而是要判断大多数股票顾问会对股票价格做出走向怎样的预测。

现实的情况是，该例存在两个纳什均衡，每种纳什均衡下三名顾问都做出了正确的建议，但是到底能够达到哪种均衡呢？假设人们认为最早传出的是利好信息，这一信息向每个顾问暗示，其他顾问会建议“买入”，从而所有顾问都会建议“买入”，此时就会产生一个谢林点。不过，股票市场通常会对新消息反应过度，当有新消息出现时，股票市场的反应远远偏离消息所包含的客观情况，促使谢林点向新的谢林点转移。

当然，这些都是我们的猜测，并不是事实。我们不知道股票市场变动的原因，否则就不需要写这本书了。即便如此，对于某些现象，三人博弈可以为我们提供一种可能的解释。

6.4 群体博弈

上面分析了几个三人博弈的例子。有些时候第三人处在联盟之外；或者第三人必须要和大多数人行为一致，否则将遭受损失；或者第三人是拆台者。除此之外，还有一种“两人做伴、三人拥挤”的情况，即又有一些人加入群体后，可能导致新的群体收益下降，埃尔菲罗酒吧博弈就说明了这一问题。

埃尔菲罗是位于新墨西哥州圣达菲市的一个酒吧，圣达菲学院的混沌研究者经常到那里消遣。据说，在人较多但并不非常拥挤的时候，埃尔菲罗酒吧的气氛是最好的。酒吧的收益是非线性的，随人数的增加而快速增加到一个点，然后回落。以下是一个三人博弈的例子。艾米、巴博和卡洛尔三人正在为去酒吧还是呆在家里进行选择，如果三人都去酒吧，就显得过于拥挤，每个人的收益都将变为负值；若只有两个人去酒吧，二人收益达到最大；如果只有一个人去酒吧，收益比呆在家里还要差，图6-1为去酒吧的人的收益曲线。注意当酒吧里的人数从没有到一个、然后两个，再到三个时收益的变化趋势（如果参与者的数目少于三就无法进行趋势比较了）。另外，呆在家里的人的收益始终为1。

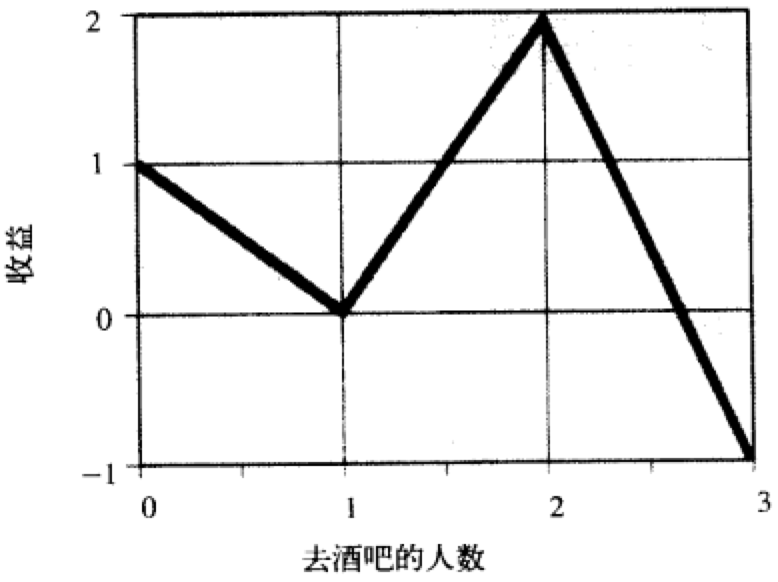


图6-1 群体博弈中酒吧客人的收益

表6-4给出了收益情况。从表面来看，它类似于一个协调博弈，存在四个纳什均衡，在三人的两两组合中，只要有两个人选择去酒吧就能达到均衡。第四种均衡比较奇怪，即三个人都呆在家里。由于该均衡劣于其他情况（因为如果两人选择去酒吧，他们的收益将增加，而且每个人的收益都不会减少），我们会怀疑此种情况是否真的能够发生。事实上，在（家里、家里、家里）战略组合下，没有人会由单方面改变战略增加收益，在缺少其他信息条件下，呆在家里总比自己单独去酒吧要好，所以这种战略组合的确是一种纳什均衡。

表6-4 群体博弈的收益

		卡洛尔			
		酒吧		家里	
		巴博		巴博	
		酒吧	家里	酒吧	家里
艾米	酒吧	−1,−1,−1	2, 1, 2	2, 2, 1	0, 1, 1
	家里	1, 2, 2	1, 1, 0	1, 0, 1	1, 1, 1

详细解读
A Closer Look

大家怎样看待那个奇怪的纳什均衡呢？在三人博弈中，任何两个参与者都可以组成联盟，并改变战略，从而实现更多收益的纳什均衡，这种做法将很快剔除奇怪的纳什均衡。在大联盟条件下，即使缺乏外在强制力量，也非常有可能形成联盟，进而偏离这一均衡。因此，在有两个以上参与者和多个纳什均衡的博弈中，我们应该考虑通过联盟的方式，对纳什均衡进行精炼。对于非合作博弈，精炼后的纳什均衡包括两种：一种是强纳什均衡，即偏离某一纳什均衡时，没有一个联盟能够获益，该纳什均衡就是强纳什均衡，本例不存在强纳什均衡。另一种是"防联盟"均衡，判断均衡是否是"防联盟"的，需要回答两个问题：第一，是否有联盟可以选择其他的纳什均衡并获得更好的收益？第二，联盟是否稳定，即在其内部是否存在更小的联盟可以通过转向另一个纳什均衡而获益？很显然，上文那个奇怪的均衡不是"防联盟"的均衡，因为任何两个参与者进行联盟都可以从改变战略中获益。如果没有更小的联盟（即单人联盟）能够从改变战略中获益，则两人联盟就是稳定的。可以看出，另外三个纳什均衡都是稳定的，所以它们都是"防联盟"的均衡。这样，我们就可以断定本例中奇怪的纳什均衡事实上并非真正的纳什均衡。

与国际联盟博弈类似，本例很可能出现两人结成联盟去酒吧消遣，留下第三人，使其只能选择呆在家里的情况。现实中，类似的事情确实会发生，形成的联盟通常叫做派系，几乎每个中学都能见到这样的派系。

据酒吧里的人说，去酒吧或呆在家的选择是在最后一分钟做出的，并没有足够的时间来结成联盟或派系，事前沟通是不存在的。人们所掌握的信息都来自于经验，而且并不十分可靠。因此，协调博弈中的不确定性问题就摆在眼前。通常的情况是，某一个晚上人们都去了酒吧，当然酒吧里过于拥挤，所以他们都决定下一个晚上呆在家里，结果当晚又因为人太少而无法享受摇滚的乐趣。圣达菲学院的混沌研究者将其作为混沌数学的例子进行研究。同时，它也是协调博弈中一个由于缺乏沟通而导致协调失败的典型事例。

6.5 公共物品提供博弈

公共部门经济学曾经指出，一项**公共物品**（a public good）是指带有某种特性的某一商品或服务（事实上通常都是服务），政府提供此类服务要优于私人[2]。公共物品有以下两个重要特征：

(1) 每个人都可以从该物品中受益。特别是，没有付费的人可以与付费的人同等享用该物品。

(2) 成本由提供服务的水平决定，而不取决于接受服务的消费者数量。在同等水平下，消费者数量的增加不会导致成本的升高，而且没有人能够通过减少公共物品对他人的服务以增加对自己的服务。

一个关于公共物品的典型例子是非商业用途的广播。延长广播时间可以提高服务的水平，同时增加成本，但是多一个人收听并不会增加成本或减少他人享受广播的质量。另外一个例子

2 这里强调"一项"是非常重要的。如果我们说"公共物品"，这一概念将变得更为广泛。对"一项公共物品"特征的描述是20世纪30年代保罗·萨缪尔森在约翰·斯图瓦特·穆勒的研究基础上提出来的。社会哲学家们研究"公共物品"的时间更长，方法也很多。如果政府提供一项公共物品，公共物品的数量会提升，这一说法是正确的。除此之外，公共物品的数量也可以由其他渠道进行提升。

是通畅的乡间道路。铺路会给大家提供更好的交通条件，成本也会随之升高，但是多增加一个人在路上行走并不会增加成本或者剥夺其他人享受服务的权利（只要路是不堵塞的）。其他常见的例子还有法律对私人安全、财产、契约的保护以及国防等等。

考虑下面的三人公共物品提供博弈：

(1) 参与者有杰克、卡尔和赖瑞。

(2) 每个参与者可以选择提供或不提供一单位的公共物品，选择提供的参与者要花费1.5个单位的成本。

(3) 如果参与者选择提供，其收益就是提供的公共物品总量减去1.5个单位的成本。

(4) 如果参与者选择不提供，其收益是提供的公共物品总量。

收益状况如表6-5所示。

表6-5 公共物品提供博弈

		赖瑞			
		提供		不提供	
		卡尔		卡尔	
		提供	不提供	提供	不提供
杰克	提供	1.5, 1.5, 1.5	0.5, 2, 0.5	0.5, 0.5, 2	−0.5, 1, 1
	不提供	2, 0.5, 0.5	1, 1, −0.5	1, −0.5, 1	0, 0, 0

该博弈存在一个占优战略均衡。对杰克、卡尔和赖瑞来说，在其他两人都提供的情况下，任何一方的战略由提供转向不提供都可以使其收益增加0.5，因此“不提供”是惟一的占优战略均衡，也是惟一的纳什均衡。

不过，纳什均衡解是缺乏效率的。如果三个人都提供，则每一参与者都将获得收益1.5，而不是0。这也是另外一个社会两难的例子——三人社会两难。

我们可以把它同本章提到的第一个博弈——国际联盟博弈进行对比。在国际联盟中，两个国家可以通过结成联盟获益，我们同样可以在公共物品提供博弈中考虑联盟。假设杰克和卡尔组成联盟，并且都选择提供，这比他们都不提供时的收益要好，三者的收益将由（0, 0, 0）变成（0.5, 0.5, 2），赖瑞可以借此获益更多。但是如果没有强制力量的话，这一约定无法实施，因为它不是纳什均衡。杰克和卡尔组成联盟只是将三人的社会两难博弈变成了他们二人之间的博弈。

实际上，三个参与者完全有理由组成大联盟。但是，大联盟的战略（提供，提供，提供）并不是纳什均衡，就像在国际联盟博弈中一样。所以说，在没有强制力量约束的情况下，理想中的纳什均衡是不能够实现的。

这就是为什么经济学家认为，公共物品不适合由私人提供的原因：提供公共物品是一个劣战略，公共物品提供面临着社会两难的困境。

同样的结论也适用于环境经济学中关于公共资源的研究，乡村共有地是最经典的案例之一。村里的居民共有一块牧场，如果所有村民把全部牲畜都放到公共牧场上，牧场很快就会遭到毁灭性的破坏。如果限制每个居民对牧场的使用，比如说最多只把一半的牲畜放到牧场上，这样

牧场就会得到较好的保护。但是对于村民来说，公共牧场是公共物品，占优战略是将所有的牲畜都放到牧场上去，在牧场的维持期间从中获益。在这一案例中，保护公共牧场是一个劣战略，因而通常称其为公地悲剧。对共有财产的破坏是个人理性行为的结果，但这一结果会导致所有人收益的下降。

在现实世界中，公共物品问题和公地悲剧往往会牵涉很多人，就像股票市场有众多股票顾问一样。因此，在后面第11章中，我们将会探讨有多个参与者的博弈，包括社会两难和其他的一些博弈问题。

小结

从某一角度来看，三人博弈只比两人博弈稍微复杂一点，同样可以用标准式进行表述，使用一张比两人博弈略微复杂的收益表格就足以说明问题。从另外的角度看，三人博弈比两人博弈要复杂得多。三人博弈包含了多人博弈的一些问题，类似问题在两人博弈中从未出现过。这种简单与复杂的结合使研究三人博弈变得可行，也更有价值。

在三人博弈中，可以由两个人组成联盟，合作对抗第三个人，这种情况是可能出现的，但在两人博弈中研究联盟就没有意义了。当然，在非合作博弈中，并不是所有联盟都可行，只有符合纳什均衡的联盟才是稳定的，才能够存在。因此我们可以看到，在三人社会两难问题上，任何两人或多人联盟都会使参与者获得更多的收益，不过没有一个联盟能像纳什均衡那样稳定。

对于三人博弈，另一个比较复杂的问题是"拆台者"的出现，虽然自己不能胜出，却可以决定其他两人的命运，这种现象在20世纪后期美国总统大选中似乎已经司空见惯了。

在许多三人博弈中，参与者会遵从与大多数人行为保持一致的原则，这是一种占优战略。当然，自己单独行动或者"两人结伴、三人拥挤"的例子也是比较常见的。

三人博弈是值得我们研究的，同时也为继续探讨多人博弈提供了理论基础。

练习与讨论

6.1 卖水博弈

汤姆、迪克和哈里都经营瓶装水生意。如果一个或两人扩大生产，他们就可以从没有扩大生产的人手里抢到生意，获得较高利润。但是，如果三人都扩大生产的话，又会回到原先的平衡状态（收益情况如表6-6所示）。

表6-6 瓶装水卖主的收益

		哈里			
		扩大		不扩大	
		迪克		迪克	
		扩大	不扩大	扩大	不扩大
汤姆	扩大	0, 0, 0	1, −2, 1	1, 1, −2	2, −1, −1
	不扩大	−2, 1, 1	−1, −1, 2	−1, 2, −1	0, 0, 0

该博弈是否存在纳什均衡？如果有，给出纳什均衡并加以解释。试列举所有可能的联盟，说明哪种联盟是稳定的纳什均衡。将该博弈与本章的公共物品提供博弈和国际联盟博弈及前面提到的其他博弈进行对比。

6.2 青蛙配对博弈

进化生物学家有时会运用博弈理论研究动物行为，如配对行为。下面是三只青蛙的配对博弈，我们将这三只青蛙称为科密特、米歇根和菲利普。三只青蛙都为雄性，它们要在鸣叫或观坐两个战略中进行选择以吸引雌青蛙。一方面，鸣叫的青蛙有被吃掉的风险，而观坐的青蛙被吃掉的风险较低。另一方面，观坐的青蛙也有可能遇到被其他青蛙叫声吸引来的雌蛙。所以当大量雄蛙鸣叫时，雌蛙被吸引过来，观坐青蛙的收益也会提高。

表6-7 青蛙的收益

		菲利普			
		鸣叫		观坐	
		米歇根		米歇根	
		鸣叫	观坐	鸣叫	观坐
科密特	鸣叫	5, 5, 5	4, 6, 4	4, 4, 6	7,2,2
	观坐	6, 4, 4	2, 2, 7	2, 7, 2	1, 1, 1

三只青蛙的收益见表6-7，收益按照科密特、米歇根和菲利普的先后顺序排列。

请列出所有的纳什均衡。是否存在概括说明所有均衡的共同点？在青蛙配对博弈中不会出现联盟，如果允许组成联盟，会有什么不同呢？

6.3 寻找保姆

史密斯、琼斯、翰瑞和埃斯克夫妇都是华盛顿一家婴儿看护公司的成员，成员之间交替为大家看护孩子。每个周末每对夫妇都有三种计划安排：照顾孩子、外出和什么都不干，收益如表6-8所示。

收益的先后顺序为翰瑞夫妇、琼斯夫妇和史密斯夫妇，每对夫妇看护孩子的成本为1。

该博弈有多少个纳什均衡？准确地描述这些纳什均衡，指出与非均衡的不同，并将该博弈与性别大战博弈进行对比。

表6-8 寻找保姆的收益

		史密斯夫妇								
		带孩子			外出			都不做		
		琼斯夫妇			琼斯夫妇			琼斯夫妇		
		带孩子	外出	都不做	带孩子	外出	都不做	带孩子	外出	都不做
翰瑞夫妇	带孩子	0, 0, 0	1/2, 1, 1/2	0, 0, 0	1/2, 1/2, 1	1, 1/2, 1/2	1, 0, 1	0, 0, 0	1, 1, 0	0, 0, 0
	外出	1, 1/2, 1/2	1/2, 1/2, 1	1, 0, 1	1/2, 1, 1/2	0, 0, 0	0, 0, 0	1, 1, 0	0, 0, 0	0, 0, 0
	都不做	0, 0, 0	0, 1, 1	0, 0, 0	0, 1, 1	0, 0, 0	0, 0, 0	0, 0, 0	0, 0, 0	0, 0, 0

6.4 采牡蛎

有三个人（雷、莎丽和汤姆）一起在切萨皮克湾采牡蛎。他们都知道在海湾的东北岸外有

一个从没有人采过的牡蛎床，如果那些牡蛎在下个月之前没有被采走，等它们长大成熟后，能在市场上卖更多的钱。现在三个采牡蛎者都在考虑是去采还是等一等，收益情况见表6-9。收益的先后次序为雷、莎丽和汤姆。

该博弈属于哪种博弈？是否存在纳什均衡？

表6-9 采牡蛎矩阵

		汤姆			
		现在		等待	
		莎丽		莎丽	
		现在	等待	现在	等待
雷	现在	5, 5, 5	7, 1, 7	7, 7, 1	12, 1, 1
	等待	1, 7, 7	1, 1, 12	1, 12, 1	10,10,10

6.5 医疗实践[3]

通常来讲，妇产科医生的职责包括助产和保健医疗。一些年长的医生已经不再助产，而是专注于妇科保健医疗服务。由于助产是随时待命的，因此专门提供保健医疗服务的医生们生活质量更高。近些年来，一方面为了获得更好的生活方式；另一方面为了逃避助产带来的医疗责任的压力，年轻的妇产科医生都倾向于只提供保健医疗服务。

有三名年轻的妇产科医生：维弗尼、麦考伊和斯保克，他们是阿拉斯加州某小城市仅有的持有执照的妇产科医生。每个人都有单独决策的权力，在提供专门保健医疗服务和兼顾助产两个战略中进行选择。提供保健医疗服务的医生的收益取决于专门提供该服务的医生人数（如表6-10所示），兼顾助产和保健医疗服务的医生的收益是5。

表6-10 提供保健医疗服务的医生的收益

专门提供保健医疗服务的医生人数	收益
1	20
2	10
3	−5

构建一个三人博弈的收益表，并判断博弈是否存在纳什均衡。事实上，三个医生不会同时开始行医。假设三个医生行医有一个先后顺序，这种顺序会对实际的纳什均衡产生何种影响？如果我们将医生之间的合伙看做是一个联盟，该博弈中是否有联盟存在的可能性？

3 感谢Dr. David Toub——上博弈论课的一位MBA学员，为我提供了这个例子。

PDG

第7章

概率与博弈论

预备知识

- 为了更好地理解本章内容，你需要掌握第1~4章的知识，第6章虽然不是必须了解的，但对于学习本章也将有所帮助。
- 本章主要概念：概率、期望值、风险厌恶。

不确定性在许多游戏与人际交往中起着重要作用。做游戏时，不确定性可以通过掷骰子或者打乱扑克牌发放顺序人为地制造。让我们考虑掷骰子游戏（骰子是一个立方体，六个面上分别刻有1~6六个数字），投掷骰子的时候，朝上一面的数字会大于3吗？会大于3，不会大于3，还是不一定呢？由于无法知道确切结果，所以答案是可能大于3。不过，我们能否得到更加精确的答案呢？

7.1 概率

从绝对意义上讲，我们是不可能得到更为精确的答案的。一件事件是否发生，有三种答案：肯定、否定和不确定。掷骰子问题的答案就是不确定。但从相对意义上讲，部分不确定事件发生的可能性较其他不确定事件更低。当我们掷骰子的时候，掷出数字大于5的可能性比大于3的可能性要低，原因在于三种情况下朝上一面的数字大于3，即掷出数字4，5或6，而只有一种掷出数字大于5的可能。这样，我们就能够对可能性进行比较，并且相信可能性较大的事件更容易发生。

概率（probability）是衡量可能性的一种数字量度，取值范围为[0，1]。数字1代表事件一定能够发生，数字0代表一定不会发生。在不确定性的描述里，概率的数值越大，事件越有可能发生。当我们掷骰子的时候，掷出数字大于5的概率是1/6，大于3的概率是1/2，因此，越可能发生的事件对应的概率就越大。

有时，我们可以将概率与一系列相似实验中观察到的事件发生频率联系起来，以更加精确地了解事件的概率。例如，掷100次骰子时，很容易观察到掷出数字大于5的概率约为所有次数的1/6。同样，掷出数字大于3的概率约为所掷总数的1/2。如果我们将掷骰子的次数提高到1000次，事件发生的比例也基本与100次相同，而且投掷次数越多，发生的频率越趋近于极

限值。这就引出了极限频率的概念，事件的**极限频率**（limiting frequency）指无限扩大试验次数所观察到的事件发生频率的近似值。若极限频率存在，我们就可以将概率定义为事件发生的极限频率。

在某些情况下，极限频率可能是不存在的。对于一个研制汽车引擎生产新技术的开发项目，除非研究结束，否则无法知道项目最终是否会成功。正如研究者们所说的，不确定性的存在才使得研究具有价值。不过，一旦项目结束且已经获得研究结果，那么相同的研究既没必要也不可能重新再来一次，这种情况下极限频率便失去了意义。然而，我个人认为，在研究汽车引擎的项目中，燃料电池技术成功的可能性要远远大于核能燃料技术。所以，我赋予其较大的概率。当然，这一判断掺杂着主观的因素，因而得到的概率也相应地含有主观成分。任何独立事件都可看做是一个研发项目，我们通过主观判断，用相对频率来确定它的概率值。这是本书对概率的基本假设（也是许多概率应用的普遍假设）。

当能够观察到相对频率的时候，我们可以直接用相对频率来估计概率。气象学给出了许多这样的例子。明年圣诞节下雪的可能性有多大呢？虽然一年之后的事情没法准确预测，我们不可能事先预知明年的圣诞节将要遭遇什么样的暖气流或冷气流，但我们能够查出过去几十年来圣诞节下雪的频率，并利用这些信息估计明年圣诞下雪的概率。现有记录显示，费城地区20%的圣诞节会下雪，因此可以确信，在费城银色圣诞的概率是20%。

掷骰子和银色圣诞都是相当简单的例子，但在概率应用中，我们有时需要处理更为复杂的情况。计算这些复杂事件的概率，要经常用到代数、逻辑和微积分等数学方法，其中某些方法在博弈论中具有重要的地位，我们现在暂且略过这部分内容，必要的时候再详细阐述。不过，有一种概率应用方法将贯穿全书，下面予以介绍。

7.2 期望值

假设有人与你打赌掷骰子，若你掷出的数字为6，他就付给你10美元。这场赌博对你有多大价值？如果每局赌博的费用是1美元，对你来说是否划算呢？如果每局赌博的费用是2美元呢？

解决该博弈问题的一种方法是扩展赌局的次数。假设共有100次赌局，由于我们已知掷出数字6的概率是1/6，所以100次中大约有1/6获胜的机会。100的1/6介于16与17之间，这样就可以期望获胜16或17次。如果为每次博弈支付1美元，共需支付100美元，同时获胜16次或17次，能够赢得160或170美元。因此，当赌博的费用是1美元时，你应该参与赌博；如果费用提高到2美元一次，赌100次的支出就增加到200美元，你参加这场赌博就不划算了。

但是，我们真正想知道的是一局赌博的价值。每场赌局都有两种可能收益：掷到6，得到10美元；掷到其他数字，什么也得不到。前者的概率是1/6，后者的概率是5/6，将每种情况的收益与对应概率相乘，然后加在一起，即$1/6\times10+5/6\times0=1.67$，所得的1.67美元就是一局赌博的价值。

上面是关于不确定性收益的数学期望的例子。数学期望也称**期望值**（expected value），它是所有可能收益的加权平均之和，权重为各可能收益的对应概率。在掷骰子赌博中，收益10美元与0美元的概率分别是1/6与5/6，将收益与权重的乘积相加，就可以得到期望值。

再看另一个期望值的例子，乔伊选修了一门3学分的博弈论课程，他不知道确切成绩，只知道获得A，B、C的概率分别为0.4，0.4和0.2。学校计算成绩的方法是： 如果评为A，每学分的质量分为4，B等学分的质量分为3，C等学分的质量分为2，D为1。那么，乔伊选修博弈论所能得到的分数的期望值是多少呢？假设成绩等级为A，质量分$=3\times4=12$；等级为B，质量分为9，C为6。这样，乔伊分数的期望值就是：$0.4\times12+0.4\times9+0.2\times6=10.2$。

小练习：假设在掷骰子赌博中，你获得的收益与骰子显示的数字相同，那么，你的收益期望值是多少？

7.3 自然的不确定性

音乐剧《红男绿女》（*Guys and Dolls*）的男主角斯凯·马斯特森（Sky Masterson）是一个臭名昭著的赌徒，就连窗户玻璃上的两滴雨珠哪滴会先滑落到底部，都会引起他的兴趣。这里的雨滴滑落就是一个关于自然界不确定性的好例子。自然的不确定性来自于复杂不可预测的自然界，在许多博弈与人际交往中起着重要作用。

详细解读
A Closer Look

福尔图娜

福尔图娜，罗马的幸运女神，是罗马人对生活美好愿望的化身。福尔图娜是一个非常受欢迎的女神，当人们希望在赌博、战争、分娩及其他不确定性活动中得到好的结果时，就要事先对她顶礼膜拜。6月11日是福尔图娜的圣日，希腊人把她叫做堤喀。

博弈论研究的是博弈参与者之间的相互影响，那么，如何把自然界的不确定性引入博弈论呢？当存在这种**自然的不确定性**（natural uncertainty）时，自然通常会被看做博弈的一方，就像古罗马把机遇比喻成幸运女神一样，博弈论者也把机遇当成博弈的成员。“自然”与“机遇”都是相当特殊的博弈参与者，与理性行为者不同的是，自然界从不关心结果，而是随机地采取具有特定概率的战略。

让我们举个例子，假设某企业正在考虑引进一项创新产品。这项新产品的技术前景与市场条件都是未知的，有“好”或“不好”两种可能。

这是一个把自然界作为参与者的博弈，未来条件的“好”与“不好”由自然随机决定。假定“好”与“不好”的概率各为50%，那么，企业是应该引进新产品，还是选择放弃呢？表7-1列出了企业的收益矩阵，其中包括自然界战略选择的概率以及企业对应战略的期望收益。由于引进新产品方案的期望收益为5，选择放弃的期望收益为0，所以该企业应该引进新产品。

表7-1 与自然博弈

		自然		期望收益
		好	坏	
决策者	放弃	0	0	0
	引进	20	−10	5
概率		0.5	0.5	

我们可以运用期望值的观点，结合相机战略，来衡量不确定性给经营者带来的成本。在一般情况下，决策者不清楚未来条件是好是坏，只能依赖好与坏发生的概率进行决策；相反，假设决策者可以在决策前咨询专家意见，以确认未来的条件是好还是坏，那么决策者愿意为咨询支付多少费用呢？也就是说，专家所提供的信息有多大价值呢？

表7-2 相机战略博弈

		自然		期望收益
		好	坏	
决策者	不管条件好坏都开发	20	−10	5
	好则开发，不好则放弃	20	0	10
	好则放弃，不好则开发	0	−10	−5
	不管好坏都放弃	0	0	0
概率		0.5	0.5	

在现实当中，拥有充分的信息给企业带来的优势就是能够充分利用相机战略。表7-2列出

了新产品引进决策的相机战略，其中“好则开发，不好则放弃”战略的收益期望值为10。这样，通过获取更多信息并将其应用于战略选择，经营者把期望收益从5提高到10。增加的5单位收益就是信息的价值，只要专家的咨询费用低于5，咨询就是值得的。

7.4　海军冲突

在战争中，自然的力量常常发挥着重要作用，下面是一个例子。1797年，英法战争爆发，西班牙作为法国的盟国，试图派遣海军部队进入大西洋战场，与法国海军汇合，一起对抗英国。2月14日情人节这天，西班牙舰队挺进卡迪兹港（卡迪兹港在罗马时代被称为加德斯，本书第1章的西班牙叛乱也提到过这一重要地点），不过，由于一场风暴的影响，他们未能及时赶到卡迪兹，在葡萄牙海岸被英国海军拦截。英国海军在圣文森特海角与西班牙海军展开激战，西班牙舰队被迫分为两队，英军司令海军上将约翰 · 杰维斯（John Jervis）爵士决定抓住这个时机，彻底分离西班牙舰队，使两支被分隔的舰队无法相互援助。[1]

英军训练有素，若能够成功地将西班牙舰队分隔为两部分，则英军取胜的几率很大。海面上的风很小，西班牙占据着有利条件（用航海的行话说，西班牙居上风之地位）。如果海上的风转强，那么风将会帮助西班牙重组舰队，进而增加西班牙海军击败英国的机会。相反，如果风力仍然很小，则英国舰队可以乘机切入西班牙舰队的空隙中，寻找机会将其击败。

可以看出，风力是圣文森特海角战役中不确定性的根源，不仅如此，它也是航海中经常遇到的不确定因素。有了风力的影响，自然就成为博弈的参与者，其战略是：第一，保持风力；第二，增强风力。英军的战略是继续前行，切入西班牙舰队的间隙，或者转舵另行，避免与实力更强的西班牙军队交锋；西班牙舰队的战略则是继续向卡迪兹港前进，或者转向另一个港口。如果西班牙舰队转舵，英国舰队会在半路截击，前者将可能遭受损失。这种情况下，由于逃离战斗，他们很可能也放弃了预测天气，强劲的风会使西班牙舰队陷入劣势。

表7-3列出了这场遭遇战可能出现的结果，收益（1，−1）表明英军胜利，（−1，1）表明西班牙舰队胜利，（0，0）说明双方战平。

表7-3　圣文森特海角战役

		自然			
		小风力		大风力或中风力	
		西班牙		西班牙	
		继续	转舵	继续	转舵
英国	继续	1, −1	0, 0	−1, 1	1, −1
	转舵	−1, 1	0, 0	−1, 1	0, 0
概率		0.5		0.5	

1　英军在数量上逊于西班牙舰队，但是他们自己并不知晓。当双方越来越靠近时，英军发现了越来越多的西班牙舰队。海军上将的参谋长汇报：“有8艘军舰，约翰爵士。”

海军上将回答：“很好，先生。”

“有20艘军舰，爵士。”

“很好，先生。”

“有25艘军舰，爵士。”

“很好，先生。”

“有27艘军舰，爵士。”

“够了，先生，不要再说了。事已至此，就算有50艘船，我们也要冲过去。”

摘自纪念这场战役200年的英国网站：*http://www.stvincent.ac.uk/1797/*.

在不知道风力是否会增强的情况下，为了决定哪个战略为优，双方将领可以计算每种选择的收益期望值（那个年代的将领没学过概率，当然无法做出精确的计算，在此暂且认为他们掌握概率知识）。假设风力转强的概率是50%，继续保持小风力的概率也是50%，则期望收益见表7-4。可以看出，（继续，继续）是双方的占优战略均衡。

表7-4 圣文森特海角战役的期望值

		西班牙	
		继续	转舵
英国	继续	0, 0	0.5, −0.5
	转舵	−1, 1	0, 0

每一方都应该选择进攻型战略以最大化期望值，当时的历史是，除了一艘西班牙军舰逃离战线驶往东部一安全港口外，其他舰队都按照上述方式做出了选择。在实际交战过程中，风力依然保持很小，英军成功地分隔了西班牙舰队。就像所有战争一样，错误的判断、运气、殊死搏斗和英雄主义交织在一起，最终英国赢得了胜利，四艘西班牙军舰被俘，3000名西班牙士兵阵亡，而英国仅损失了300人。[2]

7.5 风险厌恶

在某种意义上，数学期望是不确定收益的公平价值。由于期望值带有风险，而人们常常希望规避风险，所以仅仅知道期望值是不够的。

看一个例子，凯伦在古董展览会上买了一幅画，购买价格很低，她自己也知道此次交易物有所值。凯伦知道这幅画有可能出自两位画家之手：一位是19世纪的著名画家，他的画可以卖到10 000美元；另一位是20世纪的模仿者，他的画只值2000美元。根据画家的不同风格，凯伦可以确定该画为真品的概率为0.25，赝品的概率为0.75。

另一个人在凯伦刚刚买了这幅画之后也来到了古董展览会，并提出愿意以3500美元换取凯伦手中的画。于是，凯伦必须在确定价值3500美元与不确定价值10 000美元或2000美元之间做出选择，其战略是接受3500美元的价格，或者调查该画的真实作者，并在作者可以确定的情况下在市场上出售，各种选择的概率与收益情况如表7-5所示。

表7-5 艺术品转售的货币收益

		期望值得益		
		19世纪	20世纪	期望值
凯伦	3 500美元出售	3500	3500	3500
	调查艺术品	10000	2000	4000
概率		0.25	0.75	

如果凯伦接受交易，她可以无需承担任何不确定性风险得到3500美元。不过，正如从表7-5所看到的，如果选择“调查艺术品”的战略，期望值为4000美元[（10 000 × 0.25）+（2000 × 0.75）]，大于3500美元。若凯伦只关心收益，她将拒绝交易，以待日后调查真实作者。当然，凯伦也很可能接受3500美元，那么促使其接受或拒绝交易的关键因素是主观收益。从主观上看，这幅画转手价值的不确定性本身就是一个缺陷。考虑到该缺陷，带有风险的转手价值并不一定像期望的那么多。如果凯伦真是这么想的话，可以说她是**风险厌恶**（risk averse）的。

2 这个例子来自于两个网站：*http://www.stvincent.ac.uk/1797/*与*http://www.napoleonguide.com/battle_stvincen.htm.* 关于其中的一些解释与诱因及将这个战役作为例子，是由一本Dudley Pope的小说*Ramage and the Drumbeat*推荐的。由McBooks出版社2000年出版，第一版于1967年由Weidenfield&Nicholson出版。

大多数人类行为是风险厌恶的，购买保险以及投资者常常选择利润率较低的投资项目，都是出于安全性的考虑，也都属于风险厌恶的表现。当然，人和人之间是有区别的，有些人厌恶风险，有些人却不一定。假如某人选择带有风险的收益，而不是具有相同期望值的无风险收益，我们就说他是**风险偏好**（risk loving）的，而非风险厌恶型的。如果某人不考虑风险，只考虑期望值的大小，我们称之为**风险中立**（risk neutral）。

表7-6　艺术品投保的货币收益

		自然		期望值得益
		损失	不损失	
凯伦	不保险	−10 000	0	−10
	保险	−12	−12	−12
概率		0.001	0.999	

现在，假定凯伦留下这幅画，并通过调查证实，其作者为19世纪的那位画家，价值10 000美元。尽管如此，凯伦还是决定继续收藏，没有卖给别人。在这种情况下，凯伦要考虑为这幅画投保以避免火灾或失窃带来的损失，这样凯伦就陷入了一个与自然的博弈之中。自然的战略是对这幅画造成损失或不造成损失，凯伦的战略是对此画投保或不投保。如果损失的概率是1/1000，而保险费为12美元，则收益如表7-6所示。可以看出，由于不投保的期望值大于（发生损失的概率很低）投保期望值，所以若凯伦是风险中立者，她会选择不投保。但是，如果凯伦是风险厌恶者的话，她将毫无疑问地选择投保。

经济学家和金融理论学者常常假设人是风险厌恶者，他们将风险厌恶看做个人品味与喜好的一个方面，因为人的品味与喜好通常是相对稳定的，所以他们认为，人们对风险的厌恶不会因环境而发生太大的改变。当然，这只是一种假设，事实并不完全如此。与其他地点相比，多数人在游乐场里会更愿意冒险，这说明风险偏好要受社会环境的影响。经济学家认为，这种在游乐场愿意承担风险的意愿，反映了人们对娱乐的喜好，而不是风险厌恶特点的改变。不过，无论风险厌恶是否适用于所有情况，它仍然是人们在面对不确定性时需要考虑的一个重要因素。

7.6　期望效用

经济学家借用哲学家和数学家的思想提出了效用的概念，我们则可以借助经济学家提出的**效用**（utility）概念，将风险厌恶与其他类型的主观动机联系起来。首先假定在博弈中，获胜方的主观收益可以用数字测量，称该数字为效用，从参与者角度来看，它是博弈的真正所得。总的来说，尽管效用所指的收益与货币收益不尽相同，但两者之间存在一定的联系。当货币收益增大时，效用上的收益也会提高，只是比例有所不同。

如果不使用微积分，就无法真正理解这一方法，但我们可以依靠一些例子和图示对其进行阐述。让我们继续上面凯伦的例子，假设凯伦评估其选择优劣的标准是效用价值而非货币价值，但凯伦的效用又依赖于货币收益，当货币收益增加时，效用也会提高，只是比例不同。另外，她的效用函数遵循经济学中的边际效用递减规律，即拥有的美元越多，每增加一单位美元所引起的效用增量就越少。

图7-1为凯伦的效用随货币收益增长变化的示意图，也即效用函数曲线。图中，横轴为货币收益，纵轴为效用值，虚线代表凯伦的货币收益从2000美元增加到10 000美元所对应的效用，效用值的变化范围从6.7一直到10。

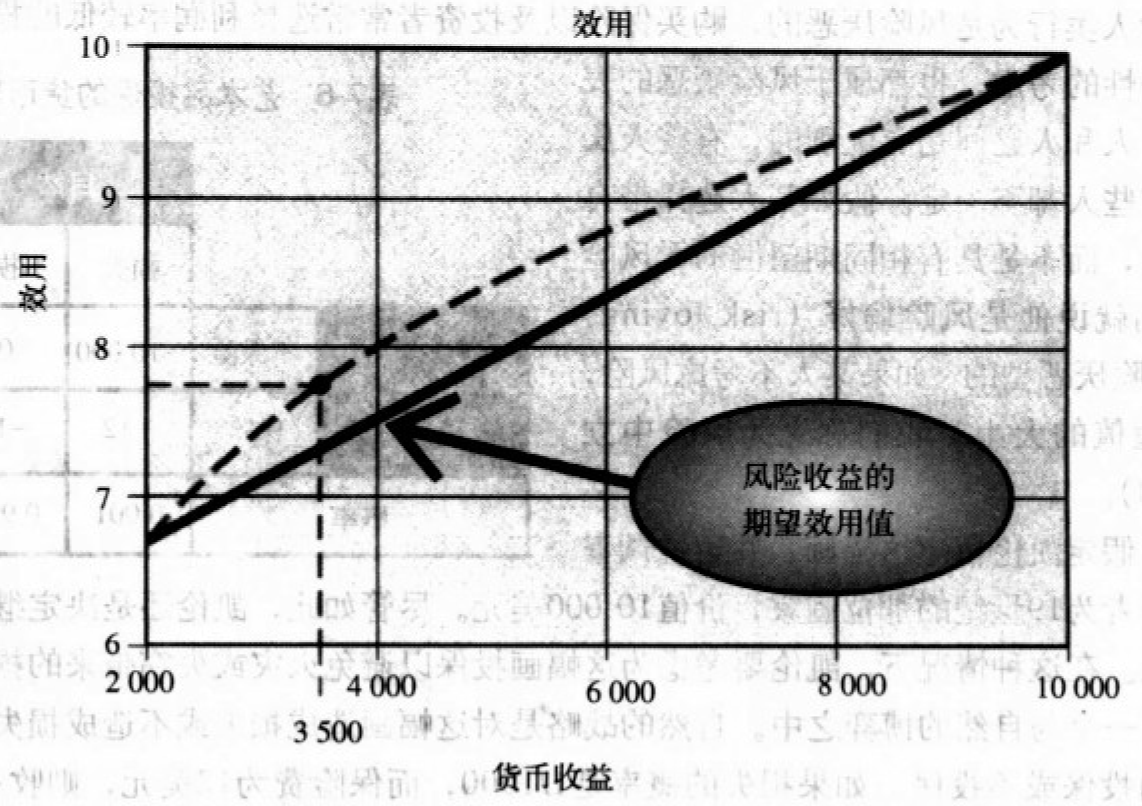


图7-1 凯伦收益的效用曲线

可以看出，随着货币收益的增加，效用曲线[3]越来越平坦，这是边际效用递减规律的一种直观表现。对凯伦来说，每增加一美元的边际效用等于效用曲线的斜率，由于边际效用逐渐减少，曲线斜率越来越小，所以曲线才会逐渐平坦。

现在，让我们分析一下这幅画报价为3500美元的情况。由于该报价不包含风险，所以3500美元的效用应该在虚线曲线上，约等于7.7。我们又知道，2000美元的效用是6.7,10 000美元的效用是10，不确定收益的效用期望值为：(0.75) (6.7) + (0.25) (10) = 7.5。可以看出，尽管平均货币收益少了，但是无风险报价给凯伦带来的效用，多于继续调查的风险收益所对应的效用，因此，如果凯伦的效用函数与图7-1中的曲线一致，她就会接受该报价。

经过上述分析可知，若货币收益对某参与者的边际效用递减，则说明他是风险厌恶者，下面是证明过程。凯伦的不确定选择的期望效用为 (0.75) (6.7) + (0.25) (10) = 7.5，可以将其推广到任意概率的一般情况。假设p是这幅画价值为2000美元（效用为6.7）的概率，则$1-p$为价值10 000美元（效用为10）的概率，效用的期望值等于两个极端效用的线性平均$6.7p + 10(1-p)$，这样，所有可能的期望效用都是在该直线上。本例中，期望效用一定位于实线直线上（见图7-1），从2000美元到10 000美元，实线直线都低于虚线曲线，也就是说，无风险的收益（虚线曲线）相比具有相同期望值的有风险收益（实线直线）具有更大的效用。

这是一个普遍的规律：当参与者货币收益的边际效用递减时，他在某种程度上是个风险厌恶者。

在前一部分，我们假定凯伦确实买下了画，然后决定是否投保。按照上面使用的效用函数，我们知道凯伦会卖掉那幅画。现在，改变例子中的一些规则：假定凯伦一旦购买了这幅画，必然会在决定是否接受3500美元的报价之前进行细致的检查。就在她看画的时候，发现画上有签名，虽然签名也可能是哪个无耻商贩添上去的，但毕竟使这幅画更像是出自那位19世纪的画家之手。有了这条信息，凯伦改变了她一开始对该画价值估计的概率，如表7-7所示。

3 效用曲线是怎么来的呢？实际上，效用函数主要来自于主观猜测，本章附录将对其进行详细介绍。在该例中，我们认定凯伦的效用函数为其货币收益的四次方根，即平方根的开平方。

凯伦在这场与自然的博弈中采取的战略与以前一样：接受3500美元的报价，或者把画带回家作进一步调查。正如我们在表7-7中看到的，深入调查带给凯伦更高的期望效用。因此，有了更多的信息之后，尽管厌恶风险，凯伦会拒绝3500美元的报价。

让我们再回到凯伦是否投保这个问题上来。假设凯伦回到家后查阅有关书籍，发现她购买的画确实是19世纪的真品，价值10 000美元。此时，凯伦面临着对该画进行投保或者听天由命两种战略，两种选择的效用与期望效用如表7-8所示[4]。可以看出，如果选择投保，凯伦能获得更高的期望效用。其实这并不奇怪，表7-6的估价是建立在凯伦是一个风险中立者基础之上的。如果凯伦真是风险中立的，那么她不会投保。不过在表7-8中，我们假定凯伦是风险厌恶者，于是得到选择投保的结论。投保会带来的更高收益完全是风险厌恶的结果，风险厌恶也正是保险公司能够获取利润的一个重要原因。

表7-7 更多信息条件下艺术品转售的效用

		自然		期望效用
		19世纪	20世纪	
凯伦	以3500美元出售	7.7	7.7	7.7
	调查艺术品	10	6.7	8
概率		0.4	0.6	

表7-8 对艺术品投保后的效用

		自然		期望效用
		损失	不损失	
凯伦	不投保	0	10	9.990
	投保	9.997	9.997	9.997
概率		0.001	0.999	

在风险中立、风险厌恶和风险偏好三种情况下，风险中立最简单。对于风险中立者，效用与货币收益成比例，我们只要假设参与者以最大化期望收益为目标就可以了。对于风险厌恶与风险偏好者，也可以假设参与者的目标是期望效用最大化，不过有时会出现与假设相悖的情况，博弈论一般对其予以忽略。为简化问题，在后面的例子中，若遇到概率分析，我们都假设人们是风险中立者。

小结

概率是定量表示不确定事件发生可能性的一种方法，取值范围从0～1，较高的概率表明事件发生的可能性更大。概率论本身是一个庞大的学科，本章仅介绍那些对博弈论有重要作用的概率知识。

对于计算不确定性收益的期望价值，概率是很有用的。假如我们知道某项决策或博弈存在多个可能收益值，并且已知各收益的概率，那么可以把概率作为权重，对不同收益进行加权平均得到期望值。

在博弈论中，不确定性常常是由于偶然事件或自然成为博弈的参与者而导致的。自然的战略具有固定概率，当某人针对不确定的结果进行决策时，我们就认为他是在与自然博弈。对于这种与自然的博弈，一种可能的解决方法是使期望收益达到最大。

在双人或多人博弈中，自然也可以成为参与者，对此类问题的解决方法同样是以自然事件

4 通过以下方式计算投保后的效用：如果选择投保，凯伦的货币收益为10 000−12 = 9988，取9988的四次方根等于9.997，即投保后的效用。

的发生概率为基础，利用收益的期望值评价参与者战略选择的优劣。

需要指出，货币收益的期望值并不一定是正确的解决方法。通过前面的分析，我们知道人们选择战略的真正动机是主观收益。从主观的角度来看，人们不希望面对风险。当风险遭到排斥时，我们认为参与者或决策者是风险厌恶者。博弈中体现风险厌恶的一种方法是利用效用函数思考问题，而参与者则会选择货币收益的期望效用最大的战略。一般地，货币收益越多，效用就越大，只是效用的增幅要小于货币收益的增幅。如果参与者以期望效用最大化为目标，则他是风险厌恶的；相反，若参与者以货币收益最大化为目标，就是风险中立的。

概率与期望值在博弈论中有着广泛的应用，对后面许多章节的阐述将起到非常重要的作用。多数情况下，我们假设博弈参与者是风险中立的，他们按照货币收益期望值最大化的标准选择战略，这也是贯穿前面章节的假设条件。对于某些特殊情况，风险厌恶显得十分重要，此时我们将运用期望效用的观点，假设参与者以期望效用最大化为目标。当然，后一种情形比较少见，如果认为人们是风险厌恶的，我们会予以特殊说明。

附录7A：测量效用

利用货币的期望效用和收益的期望效用之间的关系，冯·诺伊曼与摩根斯坦提出了一种测量收益效用的方法。假如我们想知道凯伦选择无风险收益4000美元所对应的效用，可以给她提供一个彩票，中10 000美元的概率是p，不中的概率为（$1-p$）。如果凯伦有机会在彩票与4000美元之间进行选择，最终决策取决于彩票带来的效用是否大于无风险收益的效用。因此，我们与凯伦进行了仔细协商，把中奖概率p调整到让她觉得两种选择无差异，也就意味着彩票的期望效用与4000美元的效用相等。

详细解读
A Closer Look

托马斯·贝叶斯（Thomas Bayes, 1702—1761）

贝叶斯出生于英国伦敦，是一名数学家与神学家，其研究范围从数学概率到证明上帝的仁慈。贝叶斯因其在概率方面的研究成果“Essay Towards Solving a Problem in the Doctrine of Chances”(1763)而名声大噪，这篇文章在贝叶斯去世后由伦敦皇家科学院《自然科学会报》出版。

为了测量4000美元以及其他货币数量的效用，我们需要设定测量单位与效用零点。设收益等于0时，效用为0；收益等于10 000美元，效用为10。那么，在凯伦认为两种选择无差异（即彩票与获得4000美元都无所谓）的条件下，中彩票的期望效用为$10\ 000p + (1-p)(0) = 10\ 000p$，等于4000美元的效用。若经过实验发现中奖的概率p为0.795，则可得4000美元的效用为$10 \times 0.795 = 7.95$。

一般来说，根据冯·诺伊曼和摩根斯坦的方法，衡量效用的第一步是寻找效用零点的收益值和效用单位对应的收益，这样我们就可以通过计算使任意X与具有最高最低中奖额的彩票无差异的中奖概率，测量处于最高最低中奖额之间任意X的效用。

附录7B：贝叶斯法则

在高级博弈论中，应用较为广泛的一种更加高级的概率分析方法，是以统计学家托马斯·贝叶斯命名的贝叶斯法则。该方法在以后的章节中也会有所涉及，我们不会过多地阐述这种方法的应用，在此只举一个简单例子介绍分析过程。

假设收藏家凯伦在检查她所购买的这幅画时发现，由于画风独特，凯伦判断这幅画很可能是希米特尔（Himmelthal）的作品——她知道25%这种风格的画都出自希米特尔之手。经过进一步检查，凯伦发现画上有“希米特尔”的签名。根据已有经验，凯伦知道希米特尔只在他90%的作品上签名。当然这幅画也可能是赝品，35%这种风格的作品（包括赝品）都带有希米特尔的签名。下面是已知条件：

p_1为这种风格的画是希米特尔作品的概率 = 0.25；

p_2为希米特尔在自己作品上签名的概率 = 0.90；

p_3为此种风格的画带有“希米特尔”签名的概率 = 0.35。

不过，这些都不是凯伦所需要的，她真正需要的概率P_4为将赝品计算在内，带有“希米特尔”签名的此类风格的画，是希米特尔作品的概率。为了得到这个概率，凯伦运用了贝叶斯法则：

$$p_4 = p_2p_1/p_3 = (0.9)\ (0.25)\ /\ (0.35) = 0.64 \tag{7-1}$$

此概率比2/3稍小。

一般说来，贝叶斯法则说明：

$$\text{如果}X\text{可以观测到，则事件}A\text{为真的概率}=\frac{(A\text{为真时}X\text{的概率})\times(A\text{独立于}X\text{的概率})}{X\text{独立于}A\text{的概率}} \tag{7-2}$$

详细解读
A Closer Look

约翰·海萨尼（John Harsanyi, 1920—2000）

海萨尼生于匈牙利的布达佩斯，从小按照父母的意愿成为了一个药剂师，1946年开始学习哲学。1944年，他被遣送到集中营，之后从纳粹手中逃脱，在一个信仰耶稣的修道院隐藏了一年。1950年，海萨尼与未婚妻非法穿越了边境的沼泽地，离开匈牙利。

搬到澳大利亚后，海萨尼起初在工厂干活，但不久便开始从事经济学领域的钻研，并于1959年获得斯坦福大学的博士学位。1964年，海萨尼成为加州大学伯克利分校的教员。海萨尼对博弈论具有浓厚的兴趣，对不完全信息条件下的理性推理，体现了他博弈论方面深厚的造诣。

由于研究贝叶斯法则在博弈论中的应用所做出的贡献，约翰·海萨尼与纳什及泽尔腾分享了诺贝尔经济学奖。在海萨尼的博弈论研究方法中，参与者会最大化期望收益，同时对其他参与者不同战略选择的概率进行估计，并依靠同样方法不断修正，直到没有人会对所估计的概率或者战略做进一步改变为止。

对贝叶斯法则的深入介绍，详见Alan S. Caniglia的著作*Statistics for Economics, an Intuitive Approach*（纽约：HarperCollins, 1992），69-72页。

练习与讨论

7.1　二十面骰子

二十面骰子一般用于魔术表演中，每个二十面骰子都有20个相同的平面，分别标有从1～20二十个数字，因此掷这种骰子的时候，向上一面可能是1～20之间的任何一个数字，并且每个数字出现在概率都是1/20。

掷二十面骰子，掷出数字比7大的概率是多少？如果掷出数字大于7就可以获得5美元的话，该博弈的期望收益是多少？掷二十面骰子向上一面数字的期望值是多少？

7.2 国家风险

投资者在其他国家进行投资时，需要考虑该国家可能发生的动荡，因为这对他们的利益有重要影响，我们称之为国家风险。当然，国家风险是十分复杂的，而且造成损失的概率也相当主观。在此，假设有下列一些国家，请估计各国发生政治政变并对投资造成严重损失的概率。如果对这些国家不了解，可以花几分钟察看一下百科全书，或者是登录全球万维网搜索相关资料，给出你的主观估计值。

(1) 巴基斯坦（Pakistan）

(2) 比利时（Belgium）

(3) 加纳（Ghana）

(4) 墨西哥（Mexico）

7.3 抽签问题

假如现在要从一个装有50个白球和100个黑球的罐里随机抽出一个球，那么抽出白球的概率是多少？提示：如果抽出150个球，是白球的概率为多少？

7.4 彩票

你手中有一些彩票，彩票中奖与否是通过抽球决定的。在一个罐里共有1000个球，分别标明数字1～1000，彩票的代号也是1～1000。如果某人持有的彩票代号与从罐里抽出的球的数字是一样的，那么这个人中奖，并可以得到1000美元奖金。假设现在你手中持有的彩票代码是1～20，则中奖的概率是多少？从彩票中你所获得的期望收益是多少？

7.5 研发投资

你现在有机会对某公司的研发项目进行投资，假如选择投资，你需要向该公司注入100万美元。如果项目成功，新开发出的产品可以带来600万美元的收益，成功的概率为1/5。

在该博弈中，自然扮演了什么角色？建立一个表格来阐述你对投资博弈的选择，并给出答案。计算投资收益的期望值。假如你是风险中立者，而且拥有100万美元，你会如何决策呢？

7.6 风险厌恶

考虑上一道问题，假设你现在的效用函数是：$SQRT\sqrt{Y+1\,000\,000}$，其中Y是收益，其值或者为0，或者为600万美元减去投入100万美元的最后收益，你会选择该投资吗？

第8章

混合战略纳什均衡

预备知识

- 为了更好地理解本章内容，你需要掌握第1~4章和第7章的知识。
- **本章主要概念**：纯战略、混合战略、随机选择战略、混合战略均衡。

在博弈论中，期望收益的概念已经解决了由自然因素造成的不确定性问题。然而，参与者们有时仍会有意将不确定性引入到博弈之中，因为这样做有助于达到他们的目的。在一些博弈中，最优战略的选择是不可预测的，概率和期望值的概念有助于我们理解这一点。美式的棒球博弈为我们提供了一个很好的例子。

8.1 棒球比赛中诚实的人们

棒球赛开幕，一场对决即将在两名参赛者——投球手和击球手之间展开。为简化问题，假设投球手只能投出两种球：快球或慢球。当投球手投慢球时，如果击球手判断正确，击中会很容易。但如果击球手预测来的是一个快球，那么，投球手就能达到欺骗对手的目的。我们将投快球和投慢球看做投球手的两种战略。假定击球手很优秀，不仅能够击中快球，还能把球击得很远，前提是他在看见球之前就开始准备挥棒。如果在看见球之后才开始挥棒，他就无法击中快球，但偶尔会击中一次慢球。假设现在比赛到了“三好球两坏球”(three balls and two strikes)的关键时刻——即棒球术语中的“三和二”时刻。投球手和击球手都只剩最后一次机会了（不考虑出现违规球的情况）。收益矩阵如表8-1所示。

表8-1 棒球的收益矩阵

		投球手	
		快球	慢球
击球手	提前挥棒	10, −10	−5, 5
	晚挥棒	−5, 5	3, −3

在这样的紧要关头，投球手似乎总应该使出他最好的水平，投出最快的球。但问题是，如果他真的那样做，击球手就会一直准备提前挥棒，打出更多的全垒打。即使投球手只在“三和二”这样关键时刻才投出快球，也能使击球手很容易地决定该什么时候挥棒。在每一个“三和二”回合，击球手只需提前挥棒就行了。

从击球手的角度来考虑也是如此。如果他挥棒

的方式能够被预测到，例如，他每一次都提早挥棒，那么投球手就比较轻松了，他可以一直投慢球。所以，击球手的战略选择也不能被对手预测到。

和往常一样，我们假设两名参赛者都是理性的，虽然每一人都拥有两种战略，但他们选择战略的方式是不可预测的。不可预测性意味着战略选择中包含随机因素。每种战略都有一定的概率被选中，因为是表格中参赛者两种**纯战略**（pure strategy）的混合，所以叫做**混合战略**（mixed strategy）。参赛者任务的一部分就是“将战略进行混合”，以达到不可预测的目的，这样对手就无法猜测出你即将采取的战略，也就不能进行相应的准备了。这是比赛中最困难的工作之一，让一个人做到随机选择确实不容易。

需要注意，纯战略是标准式博弈中列出的每一个战略，出现的概率为1（即是确定的）。混合战略则是根据给定的概率，在若干纯战略中进行随机选择，将这些纯战略按概率混合起来。

但是，两个参赛者会选择什么样的概率呢？要做出回答，我们必须从双方的角度分别考虑这一问题。为使对手无法预测到自己的行为，每一个人都会选择一个对手难以捉摸的概率。先看击球手。假设投球手投出快球的概率是p，表8-2给出的是用p表示的击球手的两种战略的期望收益（当然，由于战略是不可预测的，所以我们使用了期望值的概念）。如果p足够大，提前挥棒就会比晚挥棒的收益要好，那么，击球手就会选择提前挥棒。相反，如果p足够小，晚挥棒的收益就要更好一些，此时，击球手就会选择晚挥棒。

表8-2 击球手的期望收益

提前挥棒	$10p-5(1-p)=15p-5$
晚挥棒	$-5p+3(1-p)=3-8p$

表8-3 投球手战略的期望收益

快球	$-10q+5(1-q)=5-15q$
慢球	$5q+3(1-q)=8q-3$

现在，让我们转向投球手。为了尽量减少损失，同时使击球手无从下手，投球手需要调整p的大小，让击球手选择每种战略的收益都相同，从而找不到占优战略。我们可以用数学公式来表达，即：

$$15p-5=3-8p \tag{8-1}$$

解得：

$$p=8/23 \tag{8-2}$$

所以，投球手投快球的概率是8/23。让我们从投球手的角度来看一看击球手的战略选择。假设击球手提前挥棒的概率是q，表8-3给出的是快球和慢球两种战略的期望收益。击球手会尽量调整概率q的值，使投球手的任何一个战略的期望收益都不会优于另一个。这一点可以用式（8-3）来表示：

$$5-15q=8q-3 \tag{8-3}$$

解式（8-3）我们可以得到，击球手提前挥棒的概率是8/23。

$$q=8/23 \tag{8-4}$$

详细解读
A Closer Look

求解一个问题

有一种智力柔道，其中包含了混合战略均衡的思想，可能会有一点让人困惑。在棒球博弈中，投球手为击球手计算期望收益，并使其两种战略的期望收益相等，这看起来可能有点奇怪。其实，这样做可以使投球手的期望收益达到最大，投球手的真正目的是让击球手只能随机选择击球战略。

人们可能不想进行随机选择，理由如下："我不准备进行随机选择，因为那就意味着放弃。我想要领先对手一步，选择正确的战略来击败他。"但是如果你的对手正在进行随机选择，这样做就是没有用的，因为他将选择一种战略的概率使得你所有战略的期望收益都相同，无论你选择哪一种战略，结果都是一样的。你无法比对手更快地选择反应战略——除非他想比你更快！"你没有必要揣摩一个随机选择的人，就像你不需要揣摩一个诚实的人一样。"

在博弈论中，我们进行了"理性常识"的假设，即不仅两个参与者是理性的，并且双方都知道对方是理性的，这一点对于混合战略来说尤为重要。

任一参与者的推理如下："我的对手知道他无法更快地选择反应战略，所以他就不再为此费心。他将随机选择，除非我的行为变得非理性并且可预测，从而为他创造战胜我的机会。他将选择一定的概率，使我的战略的预期收益都相等，从而来阻止我选择最佳反应战略。所以我也将进行随机选择，但是以什么样的概率选择呢?我要选择一种能使他处于最坏境地、并且能阻止他比我更快地选择反应战略的概率，这种概率就是能够使他的各种战略的预期收益都相等的概率。"

另外，还有一种获得混合战略的方法，这种方法要靠直觉，被称做"贝叶斯学习"(Bayesian learning)。虽然说是靠直觉，但还是需要高等数学知识。也许参与者并不认为对手是理性的，而只是根据经验来估计对手将选择某种战略的概率。同时，对手也是一样的。这就叫做"贝叶斯学习"，是以托马斯·贝叶斯的名字来命名的。托马斯·贝叶斯是一名统计学家，他曾提出过一个很好的在经验的基础上来修正事实的法则（详细内容请看第7章的附录B）。在棒球比赛这样的例子中，"贝叶斯学习"最终使得两位参与者都选择了理性的混合战略，这一战略是博弈理论学家们从"理性常识"假设中得到的，但是在更复杂的博弈中可能存在例外。为了表彰约翰·海萨尼对博弈论中"贝叶斯学习"的研究，他与纳什、泽尔腾一起分享了诺贝尔奖。

现在，我们可以得到如下几个概率：投球手将会以8/23的概率投出快球，以15/23的概率投出慢球；击球手提前挥棒的概率是8/23，晚挥棒的概率是15/23。双方都选择了混合战略，每一个参赛者的混合战略都是针对对手所选择的混合战略的最优反应。由于纳什均衡的定义是：任何一个参与者所选择的战略都是对其对手战略的最优反应，所以，当两位棒球队员按8/23和15/23的概率混合战略时，就达到了一个纳什均衡。

如果我们将这一问题分成两步来分析，也许会更容易明白。第一步，击球手决定是否进行随机选择；第二步，击球手决定选择的概率。只要投球手选择以8/23和15/23的概率混合的战略，那么击球手提早挥棒和晚挥棒的预期收益将是一样的，这两种战略也就没有任何区别了，击球手可以进行随机选择。如果只考虑预期收益，击球手可以选择任何一组概率——(50%, 50%)，(90%, 10%)，(100%, 0)，或其他的概率组合，他到底如何在这些概率组合中进行选择呢？击球手明白，如果他不选择8/23和15/23的概率组合，投球手就不会随机投球。

表8-4给出了击球手可能选择的三种概率组合及相应的收益。如果他提前挥棒的概率为7/23，投球手通过投快球就可以得到0.43的预期收益，投慢球得到−0.57，那样的话，投球手就不会随机投球，击球手也只能得到−0.43的预期收益。如果击球手提前挥棒的概率为9/23，投球手通过投快球可以得到−0.87的预期收益，投慢球得到0.13，此时他只会选择投慢球，击球手也只能得到−0.13的预期收益。只有提前挥棒的概率为8/23，才能使投球手选择快球和慢球的战略没有区别，从而投球手可以随机选择战略，击球手获得0.22的最佳预期收益。

表8-4 不同概率下的期望收益

提前挥棒的概率	快球的期望收益	慢球的期望收益	击球手的期望收益
7/23	0.43	−0.57	−0.43
8/23	−0.22	−0.22	0.22
9/23	−0.87	0.13	−0.13

在博弈论中，这种纳什均衡被称做**混合战略均衡**（mixed strategy equilibrium）。事实上，混合战略均衡是这场博弈中惟一的一种均衡。如果回头重看表8-1，你会发现，在纯战略中是不存在纳什均衡的。无论选择哪种纯战略的组合，都会有一个参与者想要偏离它。但是在混合战略均衡中，每一个参与者都选择一种均衡的混合战略，任何一个参与者都不会想要单方面地偏离该均衡。

8.2 纯战略和混合战略

从前面的例子我们可以看到，人们可以通过选择混合战略而非纯战略，来有效地解决不确定性问题。纯战略是用来说明标准式博弈或扩展式博弈的一系列战略。混合战略是以一定的概率在两个或多个纯战略中进行选择的方法。我们已经知道，即使一个博弈不存在纯战略均衡，也可能存在混合战略均衡。

并不是所有的博弈都存在纯战略纳什均衡，这是纳什均衡的一个众所周知的不足之处。然而，当我们将混合战略和纯战略一起来考虑时，情况就不同了。零和博弈是一类重要的两人博弈，冯·诺伊曼和摩根斯坦曾证实，零和博弈即使没有纯战略均衡，也必定会有混合战略均衡。随后，约翰·纳什扩展了这一观点，他指出所有的两人博弈都一定存在混合战略纳什均衡。这就是为什么我们称之为“纳什均衡”的原因。纳什也因为这个发现而获得了诺贝尔经济学奖。

8.3 促销博弈

一些经济学家曾经运用混合战略分析销售商的促销计划。混合战略并不适用于所有的销售活动。有一些销售安排具有可预测性，例如，节日期间的促销活动。但是还有一些销售活动是不可预测的，例如，事前没有任何形式通知的销售活动。为什么销售商们想要让他们的优惠销售活动不可预测呢？这可能就是一个混合战略。如果顾客知道什么时候会打折，他就会专等打折的那几天进行购买。然而，顾客可能也希望自己的购买活动是不可预测的。如果销售商掌握了他们的购买日期，可能就不会在那几天进行打折优惠了。

该博弈会产生混合战略吗？来看一个具体的例子。为使问题简化，我们假定这是一个两人博弈，销售商和顾客分别是其中的一位参与者。销售商的战略就是选择将优惠促销活动安排在今天还是明天。顾客的战略是选择今天还是明天来光顾该商店。两位参与者的收益如表8-5所示。[1]

现在，让我们从销售商的角度来看一下博弈的收益，假设顾客今天光顾该商店的概率是p，

1 通常情况下，现在或短期内可获得的收益和利润，比未来可获得的收益和利润具有更高的价值，因此两位参与者都将今天获得的收益赋予更高的价值。在经济学里这被称为时间偏好。这一常见的偏好在这个例子中有一点被夸大了，通常一天之别所造成的两个收益之间的区别是比较小的。

销售商两种战略的期望收益如表8-6所示。

如果其中的一个值比另一个值大，销售商就很容易挑选一个顾客不会来光顾的日子搞优惠活动。因此，顾客会调整p值以使表8-6中的两个期望收益值相等，用数学方程可以对之进行求解，如式(8-5)所示：

$$8-3p=4+6p \tag{8-5}$$

$$p=4/9$$

因此，我们可以得出如下结论：顾客选择今天光顾该商店的概率是4/9，明天来的概率是(1−4/9) = 5/9。

下面，再让我们从顾客的角度来看一看博弈的收益。假设优惠促销活动在今天举行的概率是q，顾客两个战略的期望收益如表8-7所示。如果其中的一个值比另一个值大，那么顾客就会很容易地挑选一个能从优惠销售中获益的日子来商店购物。

表8-5 促销博弈的收益

		顾客	
		今天购买	明天购买
销售商	今天销售	5, 10	8, 4
	明天销售	10, 5	4, 8

表8-6 销售商战略的期望收益

今天销售的收益	$5p+8(1-p)=8-3p$
明天销售的收益	$10p+(1-p)4=4+6p$

表8-7 消费者战略的期望收益

今天购买的收益	$10q+5(1-q)=5+5q$
明天购买的收益	$4q+8(1-q)=8-4q$

于是，销售商也会调整q的值，使得顾客今天或是明天来商店的期望收益相同，如式(8-6)所示：

$$5+5q=8-4q \tag{8-6}$$

q = 3/9或是1/3

结论是：销售商将在今天进行优惠销售活动的概率是1/3，明天进行的概率是2/3。

显然，这个例子被简化了。它假设买卖双方的交易日只有今天和明天两天，随后销售商将不再做生意，并且只有一个销售商和一位顾客。即便这样，它已经向我们说明了优惠销售活动中的混合战略均衡。事实上，放宽这些假设，我们仍可以在更复杂、更现实的优惠销售活动中找到混合战略均衡。

8.4 混合战略和纯战略共同存在时的均衡

棒球博弈和不可预测的优惠销售活动，都只存在混合战略均衡，而不存在纯战略均衡。然而，有些博弈会同时存在两种均衡，以下的例子就是如此。有两个过分有礼貌的人，我们分别称他们为埃尔和乔治。他们要穿过一个一次仅允许一人通过的门，因为太有礼貌了，谁都不好意思先过。他们一直保持绅士风度，不停地谦让："你先走，埃尔"，"不，不，你先走，乔治"。结果，他们都没有通过该门。[2]

---

2 This example is based on a vaudeville skit from the beginning of the twentieth century. For more information see the Web sites "A Brief History of Ethnicity in the Comics," *http://www.balchinstitute.org/museum/comics/brief.html*, and "Vaudeville Memories" *http://personal. nbnet.nb.ca/muldrew/vaudeville2. htm*.These were both accessed on Feb. 21, 2002. At that date there was a video clip of the skit available at *http://memory. loc. gov/cgi-bin/query/r?ammem/varstg:@field (NUMBER(1453))*.

这是一个发生在埃尔和乔治之间的两人博弈，埃尔和乔治就是其中的两位参与者，他们必须通过一扇门，门不够宽，两人无法同时过，每个人都有两种战略：等待还是先走。表8-8给出了该博弈的收益。

表8-8 埃尔和乔治的收益

		乔治	
		等待	先走
埃尔	等待	0, 0	2, 3
	先走	3, 2	−1, −1

如果两人同时走，他们就会撞到对方，每个人的收益都为−1。如果两人都等待，就会变得像一幕搞笑剧，谁都过不去，两个人的收益均为0。如果一个人先走而另一个人等待，他们都能通过该门。第一个通过的人得到的收益为3，第二个通过的人得到的收益为2。

运用前面章节中的分析方法，我们可以得知，这个博弈是一个协调博弈，与其他的协调博弈相似，该博弈存在两个纯战略纳什均衡："埃尔先走，乔治等待"；和"乔治先走，埃尔等待"。然而，这个博弈还存在一个混合战略均衡。从埃尔的角度来看，假设乔治选择"等待"的概率为p，那么，埃尔的预期收益就如表8-9所示。（因为该博弈是对称的，所以从乔治的角度来看会得到相同的结果。）

表8-9 埃尔战略的期望收益

等待的收益	$0p + 2(1-p) = 2-2p$
先走的收益	$3p-(1-p) = 4p-1$

表8-10 达到混合战略均衡时埃尔的期望收益

等待的收益	$2-2\ (1/2) = 2-1 = 1$
先走的收益	$3\ (1/2)-(1-1/2) = 1.5-0.5 = 1$

因此，如果乔治调整p的值，使埃尔两种战略的期望收益一样，结果就如式（8-7）所示：

$$2-2p = 4p-1 \tag{8-7}$$

$$p = 3/6\text{或是}1/2$$

因为这个博弈是对称的，所以两个参与者的行为可以用同样的方法进行推理，每个人等待的概率都是1/2，先走的概率也是1/2。

所以，这个博弈存在三个纳什均衡，两个是纯战略纳什均衡，一个是混合战略纳什均衡。不难看出，埃尔和乔治在纯战略纳什均衡下的收益不会低于2。那么，他们在混合战略均衡下的收益又如何呢？为了回答这个问题，我们需要计算一下，当两位参与者达到混合战略均衡时的期望收益。将$p = 1/2$代入表8-9当中的两个公式，计算结果如表8-10所示。

可以看到，埃尔和乔治在混合战略均衡下的收益变差了，这并不奇怪，因为他们总有可能撞到对方，也总有可能过不去。不过，这个案例中的混合战略均衡确实看起来有一点奇怪。

再看一个环境方面的例子。利特尔顿和哈姆雷特是两个小镇，镇上居民的生活都靠打井获得生活用水。有深、浅两个蓄水层可供打井。打浅水井的成本比较低，但获得的水只够一个镇子使用。若两个镇子都在浅水层打井，不但浅水层的水很快会被耗尽，镇上的居民也得不到足够的水。打深水井的成本虽然比较高，但能够提供足够两个镇子使用的水，这样一来，两个镇子就需要平分成本。每个镇子都有两个战略：打深水井或是打浅水井。两个小镇的收益如表8-11所示。

表8-11 利特尔顿镇和哈姆雷特镇的收益表

		哈姆雷特镇	
		深水井	浅水井
利特尔顿镇	深水井	10, 10	3, 15
	浅水井	15, 3	0, 0

请注意，本例中存在两个纯战略纳什均衡，但都不是合作解，合作解是指两个镇子共同打一口深水井，并且得到的总收益为20时的情况。

从利特尔顿镇的角度来看，假设哈姆雷特镇选择打深水井的概率是p，表8-12给出的是利特尔顿镇战略的期望收益。对数学公式进行求解，我们可以得到选择打深水井的均衡概率是3/8。因为该博弈是对称的，所以这一结论对两个镇子来说是一样的。

表8-12　利特尔顿镇战略的期望收益

打深水井的收益	$10p + 3(1-p) = 11-3p$
打浅水井的收益	$15p - 0(1-p) = 15p$

混合战略的期望收益是5.625，比一个镇子单独打一口深水井的收益要高，但比一个镇子单独打一口浅水井时的收益要低。因此，本例又一次出现了三个纳什均衡：两个纯战略均衡和一个混合战略均衡。

8.5　混合战略的图形分析

通过画图，我们可以清晰地理解混合战略这一概念。首先，我们站在击球手的角度，对本章前一部分提到的棒球博弈进行图形分析。图8-1说明了击球手的期望收益，横轴表示投球手投快球的概率。

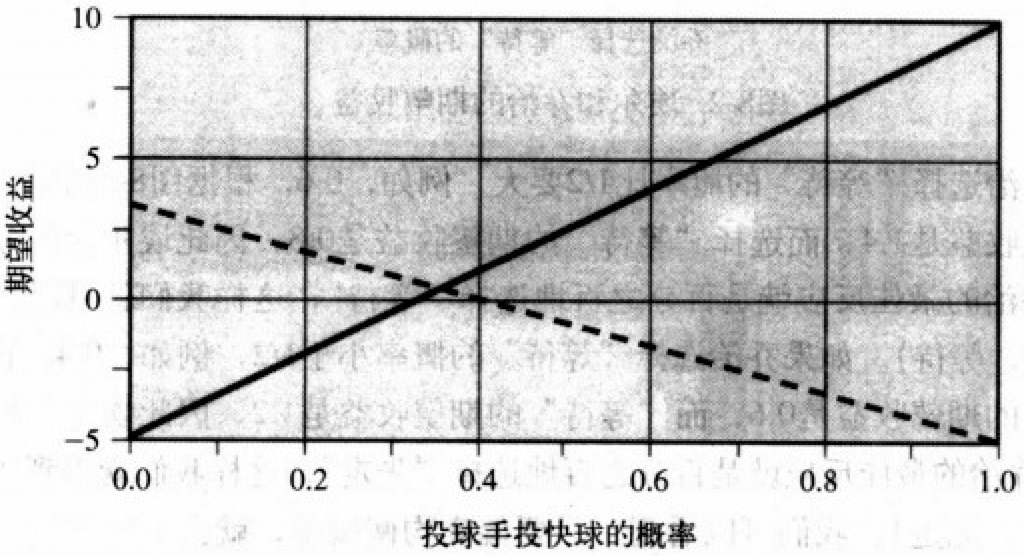


图8-1　棒球比赛中击球手的期望收益

击球手选择“提前挥棒”的期望收益用实线表示，选择“晚挥棒”的期望收益用虚线表示。学过经济学原理的同学们都知道，两条线的交点往往包含重要信息。这一点在博弈论中同样适用。图8-1中两条线的交点表示投球手的均衡概率。在任何其他的概率下，都会有一种击球战略优于另一种，此时，击球手就会选择收益较大的击球战略，从而降低投球手的收益。因此，投球手将选择一个概率使得击球手的两种战略的收益相同，这一概率就是两条直线的交点，正如我们所知道的，为8/23。因为这个博弈不是对称的，表示投球手期望收益的图不同于图8-1，这里就不说明了。

思考一下，如果投球手投出快球的概率，比均衡概率8/23稍微高出一点，情况会怎样？假设投球手选择的概率为0.4。那么，击球手百分之百选择“提前挥棒”得到的期望收益为1，如果不这样做，他的期望收益就会变小，所以，他的最佳反应就是百分之百地选择“提前挥棒”。此时投球手的最佳反应就是投慢球。然而，这一对战略是不稳定的。我们知道，这个博弈没有纯战略均衡。因此，两个棒球运动员将不断改变各自的战略，直到重新回到混合战略均衡时，才会稳定下来。（练习：自己绘制投球手的收益图，并通过同样的方法分析投球手的战略选择。）

现在，再回到埃尔和乔治的博弈中去。图8-2给出了埃尔和乔治两种战略的期望收益。横坐标表示乔治（埃尔）选择“等待”的概率，纵坐标表示期望收益。埃尔（乔治）选择“等待”的期望收益用实线表示，“先走”的收益用虚线表示。和前面一样，两条线的交点与均衡概率相对应，此时两种战略的期望收益相等。由于这个博弈是对称的，所以从任何一方的角度来看，图形都是一样的。

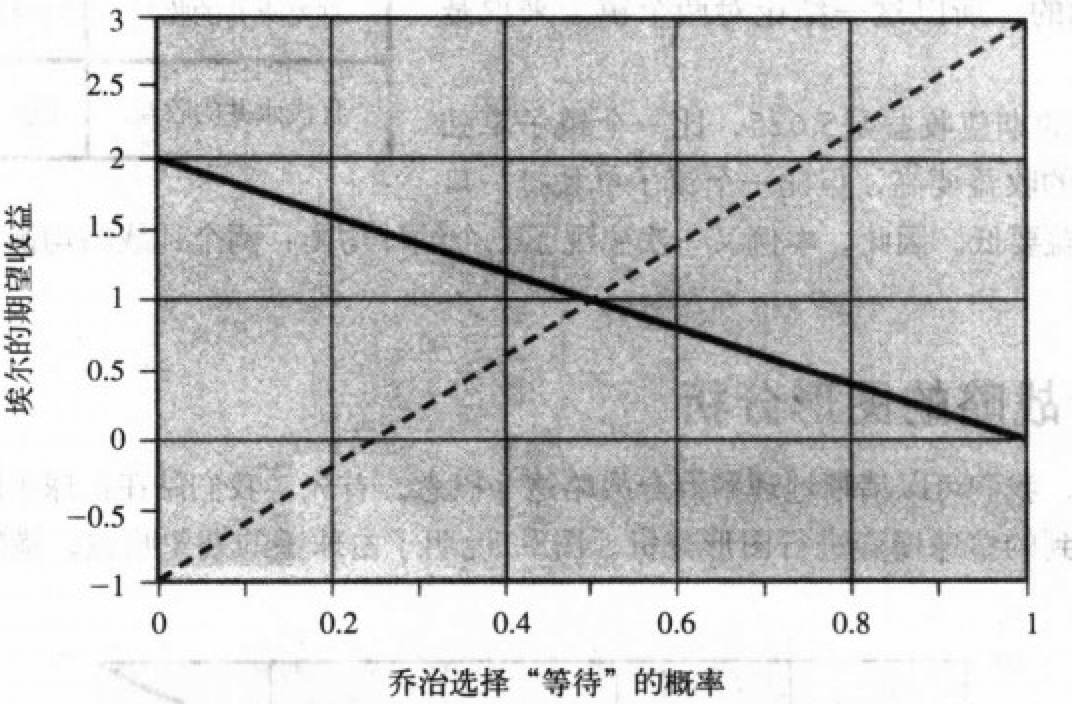


图8-2 埃尔和乔治的期望收益

现在，假设乔治选择“等待”的概率比1/2要大，例如，0.6。根据图8-2所示，此时埃尔选择“先走”的期望收益是1.4，而选择“等待”的期望收益是0.8，因此埃尔会百分之百地选择“先走”。此时，乔治的最佳反应就是百分之百地选择“等待”，这样我们就可以得到一个纯战略纳什均衡（先走，等待）。如果乔治选择“等待”的概率小于1/2，例如，0.4。由图8-2可知，埃尔选择“先走”的期望收益是0.6，而“等待”的期望收益是1.2，因此埃尔会百分之百地选择“等待”。此时乔治的最佳反应就是百分之百地选择“先走”，这样我们就得到了另一个纯战略纳什均衡（等待，先走）。我们可以看到，只要偏离均衡概率，就会立刻产生一个纯战略纳什均衡，这说明，该博弈中的混合战略均衡是不稳定的。利特尔顿镇和哈姆雷特镇打井博弈中的混合战略均衡也是不稳定的。通常，存在两个纯战略纳什均衡的协调博弈，一般也会存在混合战略均衡，但是，混合战略均衡是不稳定的。

为了再做一次比较，让我们用图形分析第1章中的一个社会两难问题——广告博弈。这里的两个参与者是销售同样产品的两家互相竞争的公司，他们要选择的战略是做广告还是不做。如果两家都做广告，广告的效果就会相互抵消。这个博弈的收益如表8-13所示（同表1-3）。我们还记得，这个博弈当中，（做广告，做广告）是占优战略均衡。

表8-13 广告博弈

		福姆克	
		不做广告	做广告
特巴克斯	不做广告	8, 8	2, 10
	做广告	10, 2	4, 4

这是一个对称博弈，所以无论从特巴克斯公司还是从福姆克公司的角度来进行分析，结果都是相同的。在图8-3中，横坐标表示特巴克斯公司（福姆克公司）选择“不做广告”战略的概率，实线表示福姆克公司（特巴克斯公司）“不做广告”的收益，

虚线表示其“做广告”的收益。可以看到，“做广告”的收益总是比“不做广告”的收益要更好一些。也就是说，“做广告”是占优的，不仅仅是相对于“不做广告”的纯战略，而且对所有可能的混合战略来说也是一样的。总体上看，对所有的社会两难问题，占优战略均同时占优于混合战略和纯战略。

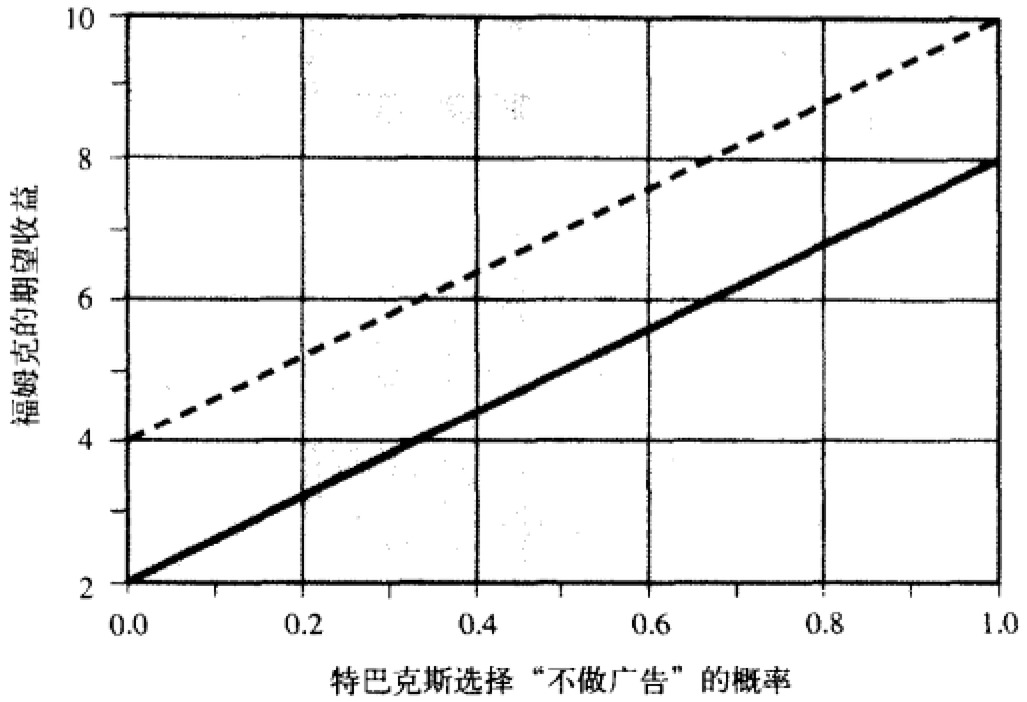


图8-3 广告博弈中的期望收益

小练习：请证明，在利特尔顿镇和哈姆雷特镇之间的打井博弈中，混合战略均衡是不稳定的。

小结

不确定性可能来自博弈中的人为因素，也可能是自然因素。标准式博弈首先涉及的就是参与者的一系列纯战略。事实上，一个参与者选择纯战略是很容易被对手预测到的，那么他就会很容易被对手“剥削”。在这种情况下，理性的参与者就会调整纯战略的选择概率，使自己的行为不可预测，从而减少被对手“剥削”的机会。当参与者以这种方式选择战略时，我们就称之为混合战略。

因为混合战略的收益是不确定的，所以我们要用期望收益来对其加以衡量。最优反应就是指能够使期望收益达到最大的战略（或战略选择的概率值）。依据最优反应的这种定义方式，所有的两人博弈都存在纳什均衡，包括那些不存在纯战略均衡的两人博弈。一些博弈可能同时存在纯战略均衡和混合战略均衡，对协调博弈来说更是如此，但是协调博弈的混合战略均衡是不稳定的。

混合战略对第10章中的双寡头战略及定价来说尤为重要。

练习与讨论

8.1 猜便士比赛

正如我们在第1章的练习3中所见到的，猜便士是一种校园游戏。一个参与者被规定为“偶数”方，另一位参与者被定为“奇数”方。每位参与者都要拿出一枚便士，或者正面朝上，或者是背面朝上。如果两位参与者出示的是硬币的相同一面，那么“偶数”方就可以得到这两个硬币。如果双方出示的为不同面，那么“奇数”方就可以得到这两枚硬币。

请证明猜便士比赛不存在纯战略纳什均衡，并计算猜便士比赛的混合战略纳什均衡。

8.2 石头，剪刀，布

在第4章的练习4中，我们分析了一种常见的校园猜拳游戏："石头，剪刀，布"。两个小孩子（苏珊和苔丝）同时在石头、剪刀和布中做出一种选择。输赢的规则如下：

- 布包住石头（布能赢石头）
- 石头砸碎剪刀（石头能赢剪刀）
- 剪刀剪碎布（剪刀能赢布）

收益如表8-14所示。请计算"石头，剪刀，布"的混合战略均衡。

表8-14 "石头，剪刀，布"博弈的收益表

		苏珊		
		布	石头	剪刀
苔丝	布	0, 0	1, −1	−1, 1
	石头	−1, 1	0, 0	1, −1
	剪刀	1, −1	−1, 1	0, 0

8.3 多个混合战略

请分别计算下面4个博弈中的混合战略均衡并进行比较：推与不推博弈（第4章）、性别大战博弈（第5章）、胆小鬼博弈（第5章）、鹰鸽博弈（第5章）。

8.4 逃跑博弈

回忆一下第4章的逃跑博弈，其收益如表8-15所示。（同第4章中的表4-11）

在第4章中，这个博弈不存在纯战略均衡，但是如果将混合战略考虑在内，那么它至少存在一种均衡。请计算该博弈的混合战略均衡。

8.5 越狱

在第2章的练习2中，这个博弈存在纯战略纳什均衡吗？为什么？试计算该博弈的混合战略均衡。

8.6 布尼战争

在公元前218～公元前202年间发生的第二次布尼战争中，罗马人面临着一个劲敌——拥有一支由大象组成的突袭部队，并且由一位伟大的、非常有谋略的将领——汉尼拔所统领的敌军。几乎在整场战争当中，罗马人都是听从弗别斯·肯科特的战略部署。他们要避免与汉尼拔的军队在意大利境内发生战争，同时要破坏汉尼拔在地中海其余地区的供给。弗别斯·肯科特和汉尼拔两位将领必须在两条山路之间进行选择。如果他们选择了同一条路，一场战争就在所难免，而军力比较薄弱的弗别斯·肯科特的军队就会失败，博弈收益如表8-16所示。

表8-15 逃跳博弈的收益表

		彼得	
		北	南
弗瑞德	北	−1, 3	4, −1
	南	3, −4	−2, 2

表8-16 战争部署的收益表

		弗别斯·肯科特	
		北侧的路	南侧的路
汉尼拔	北侧的路	5, −5	0, 0
	南侧的路	0, 0	5, −5

该博弈存在纳什均衡吗？如果有，是什么？

8.7 美式足球

在美式足球中，进攻方的目标就是带球穿过端线，他们通过带球跑或者把球连续向前传给队友的方式，来不断地向端线前进。防守方的目标则是通过缠住（身体上限制）对方带球队员，

或是截住对方传球的方式，来阻止对方的进攻。

美式足球与棒球不同，它是由整个队伍11人合作进攻的一种博弈。四分卫可能确实很关键，但是如果没有前锋队员的阻挡和传接球的配合，他几乎很难前进。防守方也同样需要合作。因此，在一本经典的球队打法图册中，有很多讲谋略的打法，例如，中卫和防守的前锋队员在攻防线附近“身体左右晃动”以及“交替传球”，即四分卫将球向后传给中卫，中卫再做一个假跑动作继而将球再向前传给四分卫，此时四分卫已跑到场地适当位置并准备好了。

为了使这个例子简化，我们将比赛限定在回防式前进（a drop-back pass）和带球跑前进（a draw play）两种攻势上。两种攻势具有相同的开场阵型，即：防守方前锋队员从争球线后退，阻挡进攻方队员靠近防守方队员，四分卫在争球线后10 码处列队，防止攻方大幅推进。从以上阵型开始，在回防式前进中，进攻方的防守队员为其四分卫形成一个“抛传凹口”（passing pocket），以保护其免受防守方的纠缠，并使比赛时间得以延续下去；在带球跑前进中，四分卫把球向后假传给中场，与此同时防守方前锋队员形成一堵墙以阻挡中场队员前进。

在回防式前进中，防守方阻止进攻方的方式通常是这样的：防守方前锋队员迅速前进以突破进攻方的“抛传凹口”（passing pocket），速度最快的后卫后退至自己的球门方向来防止传球被对方截住，同时防止当球被截住时对方获得较多优势。但是，由于在这种攻势下，没有人守争球线，所以这种防守在带球跑前进中是很脆弱的。

进攻方式将在两种战略间进行选择：回防式前进或是带球跑前进。防守方的战略就是阻止进攻方传球或者是带球跑。进攻方的收益就是所获得的码数的期望值，防守方的收益则是那些数值的负数。收益如表8-17所示。

表8-17 美式足球博弈的收益表

		进攻	
		传球	带球跑
防守	阻止传球	−1, 1	−3, 3
	阻止带球跑	−4, 4	1, −1

试求这场博弈的混合战略均衡。达到均衡时每场攻势所获得的期望码数是多少？

第9章 非合作均衡的深入讨论

预备知识

- 为了更好地理解本章内容，你需要掌握第1~4章及第6~8章的相关内容。
- 本章主要概念：强劣战略、弱劣战略、劣战略的反复剔除、相关均衡。

非合作博弈均衡能够解释现实中的很多现象，本章将通过一些有意思的例子，对非合作均衡作进一步的讨论。我们的分析主要集中在两个方面：一是占优战略，虽然这一概念已经很明确了，但为了避免在遇到棘手的例子时发生混淆，我们还需要掌握它的一些细节之处；二是均衡状态的优劣比较，即便明确得到纯战略下的纳什均衡，我们还应当再检验一下是否还有其他更好的均衡，例如混合战略、联盟或者两者兼有。这一观点来自根据著名博弈理论家约翰·纳什的自传改编的电影《美丽心灵》。

9.1 再看选址博弈

回忆一下第4章中表4-3所示的选址博弈。表9-1再次给出了该博弈的收益情况（外加一些着重点）。每一家公司都选择“市中心”是这个博弈的纳什均衡。前面所用的方法是对16种战略组合逐一进行检验，有没有更系统的确定纳什均衡的方法呢？

表9-1 带有劣战略标识的选址博弈

		加西			
		市郊	市中心	城市东部	城市西部
米百儿	市郊	30, 40	50, 95	55, 95	55, 120
	市中心	115, 40	100, 100	130, 85	120, 95
	城市东部	125, 45	95, 65	60, 40	115, 120
	城市西部	105, 50	75, 75	95, 95	35, 55

即使这一博弈不存在占优战略，它也必定会有部分**劣战略**（dominated strategy）。回忆一下，如果无论对手选择哪一个战略，博弈中的一方选择一个战略的收益总是高于第二个，第二个战略就被第一个战略所占优，称为劣战略。选址博弈中存在着劣战略。对米百儿来说，“市郊”和“城市西部”是被“市中心”占优的两个劣战略。对加西来说，“市郊”既是“市中心”的劣战略，也是“城市西部”的劣战略。

一个理性的决策者没有理由选择一个劣战略。如此，我们就可以剔除博弈中的劣战略。这是更快地找到纳什均衡的关键。表9-1再一次给出了选址博弈的收益，其中阴影部分表示劣战略。剔除这些劣战略并不会改变这个博弈。我们不必把16种可能的战略组合一一都检验一遍，只要检验那些没有被占优的战略就可以。

表9-2　简化的选址博弈

		加西		
		市中心	城市东部	城市西部
米百儿	市中心	100, 100	130, 85	120, 95
	城市东部	95, 65	60, 40	115, 120

剔除劣战略以后，我们就只需要考虑6种战略组合，新的收益如表9-2所示。这一个变小的博弈与原来的选址博弈是等同的，因为我们剔除的战略永远不会被一个理性的参与者所采纳。但是简化后的博弈仍然存在劣战略。对米百儿来说，城市东部的战略被选址市中心的战略占优。表9-1中的城市东部的战略用阴影加以突出。

表9-3　进一步简化的选址博弈

		加西		
		市中心	城市东部	城市西部
米百儿	市中心	100, 100	130, 85	120, 95

所以，我们可以剔除米百儿的“城市东部”战略。加西很清楚地知道米百儿不会选择“城市东部”战略，所以加西根本不需要考虑米百儿的这种战略选择。剔除劣战略以后的博弈等同于原博弈，如表9-3所示。但这个博弈同样**存在劣战略**。对加西来说，“城市东部”和“城市西部”战略都被“市中心”战略所占优。阴影部分突出了这两个劣战略。

表9-4　反复剔除所有劣战略后的选址博弈

		加西
		市中心
米百儿	市中心	100, 100

再一次剔除掉劣战略后博弈就变成表9-4所示的样子了。这个博弈与原始选址博弈是等同的，它们有着相同的均衡解。在表9-4所示的博弈中，每个参与者只有一个战略：“市中心”。

在这里，我们看到的是标准式博弈的**劣战略反复剔除法**（iterated elimination of dominated strategy，IEDS），(市中心，市中心）是选址博弈惟一的纳什均衡。当然，通过分别检验16种战略组合我们已经知道这个结论了。但是，反复剔除劣战略的方法是简化大而复杂的标准式博弈的一种强有力的工具。

表9-5　选择电台节目形式

		维德		
		摇滚乐	乡村音乐	谈话
库尔	摇滚乐	35, 35	50, 40	80, 10
	乡村音乐	40, 50	20, 20	40, 10
	谈话	10, 80	10, 40	5, 5

我们可以从第4章中再引用一个例子。回忆一下表4-7所示的选择电台节目形式的博弈。在表9-5中我们再次将这个例子展示给大家，

阴影部分表示劣战略。剔除劣战略以后，就可以得到如表9-6所示的博弈。新的博弈不再有劣战略，虽然我们已经不能再继续剔除劣战略了，但至少已将需要检验的战略组合从9个减少到4个。检验剩下的4个战略组合会发现，该博弈存在两个纳什均衡：维德选择摇滚乐，库尔选择乡村音乐；或库尔选择摇滚乐，维德选择乡村音乐。

表9-6 简化的选择电台节目博弈

		维德	
		摇滚乐	乡村音乐
库尔	摇滚乐	35, 35	50, 40
	乡村音乐	40, 50	20, 20

9.2 反复剔除劣战略

反复剔除劣战略的方法广泛适用于标准式博弈。“反复”意味着一步一步持续地进行。每一步，我们都要剔除那些无论如何都不会被选择的战略。这样就会产生一个与原始博弈有着相同纳什均衡的新博弈。

然而，有一个复杂的地方需要我们慎重处理。回想一下上文对劣战略的定义：

如果无论对手选择哪一个战略，博弈中的一方选择一个战略的收益总是高于第二个战略，第二个战略就被第一个战略所占优，称为劣战略。

我们需要区分两个很相近的概念，如果第一个战略的收益总是严格大于第二个战略，我们就说第二个战略是**强劣战略**（strongly dominated strategy），目前所列例子中的劣战略都是这种强劣战略。如果第一个战略的收益和第二个战略一样大，或者偶尔大于第二个战略，那么，第二个战略就是相对第一个战略的**弱劣战略**（weakly dominated strategy）。

为了使定义更加清晰，让我们再看一个具有弱劣战略的例子。假定爱丽斯和朱丽娅是一对姐妹，两人都是尼北大学的学生。尼北大学有一个不成文的规定，每门课的成绩都排名次。姐妹俩学习成绩非常优异，如果排名次，每一个人都会排在榜首，除非她们选了同样的课程。爱丽斯和朱丽娅本学期都必须在数学和文学之间再选择一门课，她们都很擅长数学，但爱丽斯的文学更好一些。

表9-7 选课博弈

		爱丽斯	
		数学	文学
朱丽娅	数学	3.8, 3.8	4.0, 4.0
	文学	3.8, 4.0	3.7, 4.0

表9-7是这一博弈的标准式。从中可以看出，如果爱丽斯选择数学课，那么，不管朱丽娅选择数学还是文学，得到的收益均为3.8。然而，如果爱丽斯选择文学课，朱丽娅选择数学课的收益会更高。因此，对朱丽娅来说，选择文学课与选择数学课相比是一个弱劣战略。从爱丽斯的角度来看，无论朱丽娅选择数学还是文学，她选择文学的收益都是一样的，但如果朱丽娅选择数学，那么爱丽斯选择数学课的收益就更糟一些，为3.8。因此，对于爱丽斯来说，选择数学是选择文学的弱劣战略。

这个博弈的纳什均衡是什么呢？当朱丽娅选择数学而爱丽斯选择文学时，她们都得到4.0的收益，这就是一个纳什均衡。但如果她们做相反的选择——爱丽斯选择数学而朱丽娅选择文学呢？那样的话，我们会得到另一个纳什均衡。这是一个比较奇怪的均衡。常识告诉我们有地方出错了，朱丽娅和爱丽斯选择这种弱劣战略均衡不是一点意义都没有吗？如果我们剔除弱劣战略，就会剩下：（朱丽娅选择数学，爱丽斯选择文学）。但事实上，（朱丽娅选择文学，爱丽斯选择数学）也是一个纳什均衡，其中每一个人都做出了各自的最佳反应。

朱丽娅和爱丽斯之间的选课博弈是弱劣战略的一个实例。劣战略反复剔除法不适用于弱劣战略。事实上，反复剔除劣战略应该是指反复剔除强劣战略，因此，需要强调一点，如果一个博弈存在强劣战略，那么通过剔除劣战略所得到的博弈与原始博弈有相同的纳什均衡，这种剔

除可以重复进行直至不再存在劣战略。但如果遇到了弱劣战略，我们必须格外地小心。

9.3 纳什均衡的精炼：颤抖手

正如我们所看到的，爱丽斯和朱丽娅之间的选课博弈存在两个纳什均衡，但其中的一个比另一个更有意义。（数学，文学）战略使每一个女孩子都得到满分4分，但是另一个均衡（文学，数学）却只能使朱丽娅得到3.8分。然而，如果朱丽娅的战略不变，依然选文学，而爱丽斯改选文学的话，爱丽斯的收益并不会因此而增加；同样，如果爱丽斯的战略不变，依然选数学，而朱丽娅改选数学的话，朱丽娅的收益也不会上升。所以，（文学，数学）是一个很奇怪的均衡，尽管没有哪个女孩愿意选择这样的战略，但它仍是一个纳什均衡，因为每一个女孩的战略都是针对对方战略的最优反应。

在博弈论的复杂应用实例中，这是一个很常见的问题。当出现两个或多个纳什均衡时，其中就可能存在一些不合理的纳什均衡。这是因为纳什均衡的定义只涵盖了理性的一个方面，即最优反应标准。我们可以加入一些其他的理性因素来剔除不合理的纳什均衡。这些额外的理性因素被称做纳什均衡的精炼，纳什均衡的精炼是高级博弈论中一项重要的内容。

在这个案例中，额外的理性因素就是“确保安全”检验（the fail-safe test）。为什么要选择一个收益更糟而且永远不可能优于其他战略的战略呢？换句话说，为什么要选择一个弱劣战略呢？在选课博弈中，如果朱丽娅选择文学课，而同时爱丽斯也错误地选择了文学，那么朱丽娅的收益会比较差，只得3.7分。但是朱丽娅并不需要担心，因为朱丽娅知道爱丽斯是理性的，她不会犯减少自己得分的错误。更为现实的情况是，朱丽娅猜测爱丽斯很可能选择均衡战略，但不十分确定。假设爱丽斯选择最佳反应的概率是95%，但她仍有5%的概率做出错误的选择。如此，朱丽娅选择文学的预期收益就是$0.95 \times 3.8+0.05 \times 3.7=3.795$。而如果朱丽娅选择数学，不管怎样收益都不会低于3.8，所以她会选择数学。

假设朱丽娅已经意识到爱丽斯可能犯错的这一小概率事件，（文学，数学）这一不合理的纳什均衡就能被剔除了。这种假定被称做**颤抖手**（trembling hand）假定，其假定，参与者的手偶尔会发抖，从而没有正确地选择最优反应战略。“颤抖手假定”通过对理性概念的细微调整，允许参与者犯错，使博弈的结果限定在了一个更为合理的均衡解上，因此，是纳什均衡精炼的一个典型。

让我们看看如果爱丽斯猜到朱丽娅的手会“颤抖”，情况又将怎样。假定爱丽斯认为朱丽娅有90%的概率选择最优反应战略，10%的概率选择错误的战略，那么爱丽斯选择数学的期望分数就是$0.9 \times 4 + 0.1 \times 3.8 = 3.98$。然而，如果选择文学，爱丽斯就可以保证自己得到4.0分。所以，她会选择文学，这样，两个女孩都可以得到4.0分。

总的来说，如果博弈中的每一个参与者都假定其他参与者将选择最优反应战略，但也有很小的概率可能犯错，那么每一位参与者都会选择期望收益最大的战略，这就是颤抖手均衡。如果犯错误的概率足够小，那么颤抖手均衡将是博弈中的纳什均衡之一，也称为**颤抖手纳什均衡**（trembling hand Nash equilibrium）。颤抖手纳什均衡允许参与者选择弱劣战略和最优反应战略，因此是对纳什均衡概念的精炼。

9.4 认罪博弈

罗格、贝瑞和德福是布鲁查德学校三个出名的捣蛋鬼，最近他们又聚集到一起，趁万圣节砸坏了校长的房子。学校里的所有人都认定，这件事情是他们干的，如果他们拒不承认，就将

被处以重罚。如果他们中有人认罪，认罪的人将被轻罚，其他人则免于受罚。假设重罚为−2，轻罚为−1，免罚为0，收益如表9-8所示。

表9-8　认罪博弈的收益

		德福			
		认罪		不认罪	
		贝瑞		贝瑞	
		认罪	不认罪	认罪	不认罪
罗格	认罪	−1, −1, −1	−1, 0, −1	−1, −1, 0	−1, 0, 0
	不认罪	0, −1, −1	0, 0, −1	0, −1, 0	−2, −2, −2

这是一个三人协调博弈，只有一个人认罪而其他人都免于受罚的那三个单元格是该博弈的三个纳什均衡。正如我们以前所知道的那样，协调博弈存在一个问题。如果男孩们没有线索，不能确定博弈的结果会是哪一个纳什均衡，他们就可能胡乱猜测。例如，如果罗格和贝瑞猜测德福将认罪，而德福则猜测罗格会认罪，那么，他们都会选择“不认罪”，结果全部受到重罚，得到−2的收益。除非他们根据某些线索掌握了谢林点，否则将很难实现任何有效率的均衡。为了将风险降到最小，每一个人都会主动选择认罪战略，如果三个人都这样做，结果将是无效率的，不是最佳反应均衡。此外，该博弈的三个纳什均衡也有失公平，因为三个人共同做的坏事，却只惩罚了一个人。

不过，这三个淘气的男孩想出了一个解决办法，通过“抽签”决定谁去认罪。一个男孩手握三只不同长度的竹签，竹签只有一头露在外面，看不出哪一支最短。另外两个男孩先抽签，最后剩下的签归握签的男孩。谁抽到的签最短，谁就认罪。这样一来，每个人被惩罚的机会将相同。[1] 通过“抽签”选择一个人去认罪是三个男孩集体想出的一种战略，称之为**集体战略**(joint strategy)。

这种解决方法很有趣，表现在以下几方面：

(1) 它很像一个混合战略，决策是随机做出的，这些决策又决定了每个战略的概率。

- （−1, 0, 0），（0, −1, 0）和（0, 0, −1）出现的概率分别是0.333。
- 其他结果出现的概率都是0。

(2) 它和混合战略纳什均衡有所不同，因为集体战略的概率是给定的，而在混合战略纳什均衡中，参与者决策的概率与其战略是无关的。

- 对于混合战略均衡来说，每一个男孩“认罪”的概率都是0.293。
- 无人认罪的概率大于1/3，因此，所有人都被重罚。

(3) 抽签完成后，就得到一个谢林点，每一个人都期待知道谁将认罪。假设，罗格抽到最短的签，他也不能通过在协议上做手脚而获益。另外两个人都期待着罗格认罪，所以他们将不认罪，那就意味着如果罗格反悔该协议而不认罪，他就将会得到−2的收益而不是−1。所以罗

1　握签的男孩有很强烈的动机来隐藏最短的签。如果他很粗心使得握签时被其他人看到了哪一支是最短的，他当然就会得到最短的签并因此受到惩罚。

格的最优反应就是老老实实地准备接受惩罚。类似地，其他两个男孩如果认罪的话也得不到任何的好处，因为那样的话他们将得到-1的收益而不是0。

(4) 在抽签之前，每一个人的期望收益值都是-1/3，比他们主动认罪的收益要好。

(5) 由于每个人面临同样的认罪概率，并且有相同的期望收益值，所以抽签的结果是公平的，纯战略的纳什均衡反而不公平。

(6) 即使抽到短签的概率可能不相等，结果也可能会是原始博弈的一个谢林点。假设贝瑞手握三支签，并且能够作弊，这样罗格就有更高的概率抽到最短的签。如果罗格抽到最短签，即使他有所怀疑，认罪仍然是他的最优反应战略。抽到短签的概率值可以是任意的，无论公平与否，这种方法都是“有效率”的。

这个博弈中的抽签就是一个**相关均衡**（correlated equilibrium）的例子。相关均衡是非合作博弈的一种新的解的形式。一般说来，集体战略总是对着纳什均衡，相关均衡就是决定集体战略概率的一种制度安排。当然，选择集体战略的概率，最终相加的总和必须是1。如果只存在一个均衡（例如，在囚徒困境中），即均衡出现的概率是1，那么该均衡同样也是相关均衡。当只有一个均衡优于所有其他的均衡时，例如在“推与不推”博弈中，那么占优均衡是惟一的相关均衡，因为被占优的纳什均衡压根不可能实现，为它们分配概率是没有意义的。然而，对于认罪博弈这样的协调博弈，相关均衡会极大地改变博弈的结果。[2] 因为(正如我们所看到的)在相关均衡里，每一位参与者都试图选择各自的最优反应，相关均衡是一种非合作均衡。在拥有两个或多个纯战略纳什均衡的博弈中，视决定概率的方式不同，会有很多相关均衡（虽然可能只有一种决定概率的方法被参与者认为是公平的）。

这一点很重要，因为它提高了联盟在非合作博弈中的作用。在第6章我们已经看到，在一个三人或多人的非合作博弈中，参与者可能会结成联盟，联盟的集体战略是由每个人的最佳反应战略组成的。因此，联盟的形成能够促使某一纳什均衡从众多可能的纳什均衡中脱颖而出。这个例子中罗格、贝瑞和德福所做的就是在他们的博弈中形成一种大联盟，从而避免协调博弈中胡乱猜测的风险。他们用抽签的方式随机选择一个人来认罪，因此，他们选择的是一种相互关联的、不确定的集体战略，而不是集体的纯战略，如指定罗格去认罪。因为这样对他们来说看起来更加公平，否则很难达成一致。

9.5　金发女郎问题的对称非合作解

在前面的章节中，我们看到一个来自影片《美丽心灵》的问题：金发女郎问题。这个问题可以归结为标准式的二人博弈，如表9-9所示。在影片中，约翰·纳什建议酒吧里的年轻人——雷哈德和约翰（两人博弈的情形）都去追求其他女士，这样就能避免他们都来追求金发女郎，以致空手而归。但实际上，这并不是一个纳什均衡！金发女郎问题是一个协调博弈，纯战略纳什均衡为（金发女郎，其他女士）和

表9-9　金发女郎问题

		约翰	
		追求金发女郎	追求其他女士
雷哈德	追求金发女郎	0, 0	2, 1
	追求其他女士	1, 2	1, 1

2　在网上搜索关键词“short straw”、“burnt bannock”，或者“Lindow man”时，将得到很多远远超过博弈论初始阶段范围的相关均衡的例子。但是这些例子可能十分地难懂，所以除非有足够的消化能力，否则不要搜索这些词。

（其他女士，金发女郎）。博弈中也有一个混合战略均衡，即每一位男士追求金发女郎的概率均为1/2。混合战略的期望收益是1，和（其他女士，其他女士）的战略收益是一样的，但它并不稳定。

对风险厌恶者而言，情况可能会有所不同。我们假定这是一个竞争博弈，并且两位参与者都必须同时行动，为什么每一位参与者都要冒着以零收益告终的危险，而选择追求金发女郎呢？为什么他们不采取更为安全的战略，选择一位其他女士的呢？这是协调博弈中一个常见的直觉反应。因为他们不知道对方会采取什么战略，也许他们能得到（1，1）的收益，这是这个博弈最大最小收益。除了迎合了风险厌恶者的偏好之外，这个博弈的最大最小解也是对称的，不像纯战略纳什均衡那样，因为不具有对称性，参与者很难预测哪个均衡会发生。

最大最小战略是约翰·冯·诺伊曼提出的零和博弈的解决办法，也是零和博弈中的一类独立的最佳反应均衡，所以，人们一般将纳什均衡概念看做是冯·诺伊曼解的扩展。但在有些博弈中，例如胆小鬼博弈，二者是不相符的。在类似于金发女郎问题的非常数和博弈中，最大最小战略只适用于极度不确定或极度风险厌恶（或二者都有）的情况下，纳什在不清楚两位男士风险偏好的情况下，就建议他们采用冯·诺伊曼解是不太合理的。而且，在影片中，纳什似乎提出了一个对称的解，但显而易见的是，金发女郎问题中没有一个纯战略纳什均衡是对称的。

不过，在金发女郎问题中，存在一个对称的非合作均衡。它是一个相关均衡。

首先，这个博弈中的两位男士有可能结成联盟。在非合作博弈中（例如我们在第6章所看到的），形成联盟的可能性是有限的，因为缺乏形成联盟的强制力。（如果有强制力，那就是一个合作博弈了）。但是一些联盟的协定具有自我约束力，正如第6章国际联盟博弈中的两个国家的联盟。如果协定本身就是一个纳什均衡，那么就不需要强制力。对于金发女郎这样存在多个纯战略纳什均衡的博弈来说，联盟是极其有可能的。

其次，联盟也可以像个人一样选择混合（随机）战略。为协调彼此的战略，假定男士们结成一个大联盟，然后通过某种方法（例如抽签）从联盟中选择一名幸运儿，每个人被选中的概率相同。被选中的人可以自由接近金发女郎，其他人则追求他们各自选择的其他女士。

在认罪博弈中，没有人能够通过单方面改变战略以提高自己的收益。本例也是如此。首先，考虑一下成为“幸运儿”的人。他履行协商的战略后的收益是2。否则的话就是1。他没有理由违背协定。那么，没被选中的人又如何呢？如果他转而追求金发女郎，他就一定会面临来自“幸运儿”的竞争。那样的话，他的收益就是0。然而，如果一开始就采取协商的战略，他就肯定可以得到1的收益。因此，协定是具有自我约束力的。这并不令人吃惊，因为它是博弈中纯战略均衡之一，是被随机选择的。请注意，和传统的（不相关的）混合战略均衡不同，这里不存在两个或更多的男士都追求金发女郎，并得到（0，0）收益僵局的可能。

为什么协定的相关均衡能够实现，而不是其他任意的一个非随机纯战略均衡，或者是其他以不均等概率进行选择的随机的相关战略呢？等概率选择的协定可以达到一个谢林点，它是众多纳什均衡中的一个，具有特殊的性质，每个参与者都预期其他的参与者会选择这一均衡。本案例中的这种特殊性质就是对称性。另外，这种相关均衡解是不存在风险的，并且很明显地优于最大最小解。[3]

也许，这就是电影中的约翰·纳什苦思冥想的那种解吧。不幸的是，相关均衡在30多年后

3 原则上讲，很多协调博弈依据这些方式都会求得一些解，例如，第5章的开车博弈就可以用这种方法求解。然而，对于相遇于交叉路口的两辆车的司机来说，是不可能有时间下车来投硬币决定谁先走的。因此，这种解决方法逻辑上有效，但是实际上对开车和很多其他的协调博弈来说是无法应用的。

的20世纪80年代才被人们发现。现在，让我们再看一个稍微复杂一点的问题，该问题出自电影《红男绿女》（*Guys and Dolls*）。

9.6　纳森·德特的两难

《红男绿女》是一部讲述赌徒及其女友的舞台剧兼电影，也是一部音乐喜剧。虽然爱情故事是主要情节，但赌徒们的战略和计划充满了博弈的色彩，他们的行为为博弈论提供了一个很好的解释。在这个爱情故事中，有很多的“博弈”，这没什么可惊讶的，因为从罗马时代开始，恋人之间的斗智斗勇就一直是喜剧中的主题。在这个例子中，我们分析一下纳森·德特在组织掷骰子游戏过程中面临的问题。

纳森·德特是电影的一个主角，按照一首歌的说法，他是“纽约最早创立连续转移骰子游戏”的人。掷骰子游戏是不合法的，为了逃避警察，纳森的骰子游戏不得不从一个地方“转移”到另一个地方。正如纳森的女友贝蒂所说的，这“是一件很难的事情”。

第一步，我们需要考虑为什么纳森要组织这种游戏，为什么不是喜欢赌博的赌徒们自己聚集到一起进行赌博呢？[4] 因此，在开始这个例子之前，我们先不考虑纳森，先考虑赌徒和警察之间的博弈问题。为了使问题简化，我们假定这一博弈是由两个骰子赌徒、一个警察组成的三人博弈。

这个三人博弈的收益如表9-10所示。布尼根是警察，哈瑞和斯盖瑞是赌徒。两个可能的赌博地点是比尔特的车库和克勒斯基的酒吧，这是三个参与者可选择的两个战略。表9-10首先给出的是斯盖瑞的收益，其次是哈瑞和布尼根的收益。如果三个当事人都去同一个地方，那么布尼根就会终止这场赌博，并把两个赌徒带回监狱，这对布尼根来说是最好的结果，但对两个赌徒来说是最糟的，所以，三人的收益为（−1, −1, 2）。如果两个赌徒去不同的场所，他们就不能开始赌博，结果就是一无所获，对布尼根来说是一个小的成功，最后的收益是（0, 0, 1）。如果两个赌徒去了同一个地方，警察去了另一个地方，那么赌徒们就可以毫无后顾之忧地玩了，布尼根将无法阻止这场赌博，最后的收益是（2, 2, −1）。[5]

表9-10　赌徒和警察的博弈收益

		布尼根			
		比尔特的车库		克勒斯基酒吧	
		哈瑞		哈瑞	
		车库	酒吧	车库	酒吧
斯盖瑞	车库	−1, −1, 2	0, 0, 1	2, 2, −1	0, 0, 1
	酒吧	0, 0, 1	2, 2, −1	0, 0, 1	−1, −1, 2

4　下面是为初次接触美式骰子的人提供的一些词汇。骰子游戏又被称做“脏话”游戏（crap或者craps），因为每一局必然有人损失，每当损失发生时，赌徒们就会满腹牢骚，脏话连篇。因此，掷骰子就是抛出脏话，骰子赌徒们就是讲脏话者（crapshooters）。我要感谢我玩骰子的祖父——豪菲斯勒，给我提供了以上信息。

5　因为在掷骰子中，有些赌徒会赢，而另一些会输，所以我们要用期望值来表示赌徒们的收益，其中包括输赢带给他们的感受。博弈的感受是一个和为正的收益。

这一博弈中有8种可能的战略组合，简单地加以剔除后就会得知，这些组合当中没有纯战略均衡。这是因为，从某种意义上说，这里正在进行的是两个不同的博弈。请看表9-11，它是表9-10剔除布尼根这个因素后所得的简化形式。在排除了布尼根终止一场赌博的所有可能性之后，这场博弈就变成是在两名赌徒之间进行的两人博弈。这是一个纯粹的协调博弈，当两名赌徒选择去同一地点时，就产生了两个纯战略纳什均衡。赌徒们无法判断哪个均衡最终会实现，不过，这个问题可以通过谢林点来解决，最终会有一个大家都知道的地点成为赌博的惯例地点。

但是，谢林点并不适用于包括警察在内的三人博弈，如果存在一个大家都知道的惯例地点，那么，布尼根也会知道，他就会终止这场赌博。表9-12表示的是两个赌徒作为一个整体和警察之间的两人博弈。这是一个逃跑博弈，和其他的逃跑博弈一样，不存在纯战略纳什均衡。

表9-11 赌徒之间的博弈

		哈瑞	
		车库	酒吧
斯盖瑞	车库	2, 2, −1	0, 0, 1
	酒吧	0, 0, 1	2, 2, −1

表9-12 赌徒和警察之间的博弈

		布尼根	
		车库	酒吧
赌徒	车库	−1, −1, 2	2, 2, −1
	酒吧	2, 2, −1	−1, −1, 2

通常，不存在纯战略纳什均衡的博弈一定存在混合战略均衡，这个博弈就存在一个混合战略均衡，就是赌徒和警察都以1/2的概率在两种战略之间进行选择。[6]但是，在该三人博弈中，每一混合战略都没有好的结果。如果每一位赌徒和警察都以1/2的概率选择每一个地点，那么，两个赌徒就有1/2的概率选择不同的地点，这样他们就赌不成了。这个案例中两个赌徒的收益期望值是：

$$1/2 \times (0) + 1/4 \times (-1) + 1/4 \times (2) = 1/4 \qquad (9\text{-}1)$$

虽然如此，表9-12仍然给了我们一些暗示。赌徒们理性的做法是结成一个联盟，集体选择一个混合战略，也即相关混合战略。因此，他们有一半的机会进行一次不被打扰的赌博，这样，他们的期望收益就是$1/2 \times (-1) + 1/2 \times (2) = 1/2$，他们最好的收益也不过如此了。然而，当参与者人数众多时，让大家集体选择一个相关的混合战略是很困难的。

这就是纳森·德特要介入的原因。他扮演赌徒联盟代理人的角色，为他们选择赌博地点。在该故事中存在不止两个地点（公立学校的体育馆也曾提及），所以对赌徒们来说，机会可能更好一些，当然，赌徒也远不止2个。纳森·德特的工作就要是选择一个最方便的赌博地点，然后通知赌徒们，同时不让警察知道。（在影片中，为便于识别和通知，赌徒们都穿浅红色的衣服。）

（在这部影片中，纳森·德特的问题因为缺乏流动资金而被复杂化，直到有一个新的、免费的地方可供使用时，这一问题才被解决，该地方就是萨维森军营。但是，这个地方只能用一次，当纳森·德特重新有了流动资金之后，就把赌博地点更换到比尔特的车库。布尼根进行突袭检查，赢得了最后的胜利。）

这个例子又一次向我们说明了联盟和相关战略的重要性，甚至是在非合作博弈中也是如此。虽然现实当中，参与者可能会由于没有足够的时间结成联盟或达成一致的相关战略，或者认死

6 我们用平均值来表示赌徒们的收益，例如，−1或2，而不是加和后的−2或4。

理只选择一种战略，主动放弃了混合战略，从而使得联盟和相关战略无法付诸实施，但从理性的角度来看，如果不考虑联盟和相关战略的可能性，我们的研究将是不完整的。

小结

标准式博弈理论为分析战略性的互动行为提供了一套很好的工具。

通常来说，越是有效的工具，越要小心使用。即使不存在占优战略均衡，战略的优势在分析博弈时仍然是很有用的。强劣战略可以被剔除，这样就产生一个简化博弈，它同样有劣战略，可以继续剔除。在一些博弈当中，劣战略反复剔除法（IEDS）的方法能推导出惟一的一个纳什均衡。这是一个快速、有效地找到惟一存在的纳什均衡的方法。即使存在多个纳什均衡，IEDS也能减少需要检验的可能的纳什均衡战略的总个数。然而，当存在弱劣战略时，情况就不那么明晰了，IEDS剔除弱劣战略后可能出现令人迷惑的结果。另一方面，我们需要对纳什均衡的概念进行精炼，将参与者选择错误战略的小概率纳入考虑范围。如果每一位参与者都意识到这一小概率，并假定其他参与者会因为“颤抖手”而选择错误的战略，那么他们就会避开一些弱劣战略、一些不合理的纳什均衡也会被剔除。这是一个很好的纳什均衡精炼的例子，是高级博弈论的一个重要研究领域。

联盟在非合作博弈中有着重要作用，但前提是所有联盟成员都选择他们的最佳反应战略。联盟可能会形成一个集体的混合战略。这是一个相关均衡，它要求联盟的成员确定某种以一定的概率，随机、集体地选择战略的方法，常见的是抽签或者买彩票，买彩票可以有效分配稀有资源。在一些情况下，有必要指定一个人代替联盟成员进行选择。相关均衡为协调博弈提供了对称解，否则收益就会不相等，就像我们在金发女郎问题中看到的一样。

练习与讨论

9.1 互补服务的选址

这是另外一个选址问题。约翰正计划筹建一个新的电影院，卡尔打算开一家酒吧。请注意，他们不是竞争者，而是互补服务的提供者——一些顾客会在看电影前后选择去酒吧吃饭或喝酒。两个人都可以在几家郊外购物商场中选择地点。然而，塞欧里克购物中心已经有一家酒吧了，比特购物中心也已有了一家电影院。博弈收益如表9-13所示。

表9-13 互补服务选址战略的收益

		[illegible]		
		思维顿购物中心	苏韦尔购物中心	比特购物中心
[illegible]	思维顿购物中心	10, 10	3, 5	2, 12
	苏韦尔购物中心	4, 3	12, 10	3, 8
	塞欧里克购物中心	11, 4	5, 3	10, 12

请用IEDS方法来简化这个博弈。依据相关均衡的概念，求该博弈的一个解。

9.2 群体博弈

参看第6章的群体博弈。收益如表9-14所示。给出该博弈的相关均衡解。

表9-14 拥挤博弈的收益

		卡洛尔			
		酒吧		家里	
		巴博		巴博	
		酒吧	家里	酒吧	家里
艾米	酒吧	−1, −1, −1	2, 1, 2	2, 2, 1	0, 1, 1,
	家里	1, 2, 2,	1, 0, 1	1, 0, 1	1, 1, 1

9.3 寻找保姆

回忆练习6.3。职业性的夫妇要对保姆们进行协调，协调的收益如表9-15所示。

表9-15 合作的保姆

		史密斯夫妇								
		带孩子			外出			都不做		
		琼斯夫妇			琼斯夫妇			琼斯夫妇		
		带孩子	外出	都不做	带孩子	外出	都不做	带孩子	外出	都不做
翰瑞夫妇	带孩子	0, 0, 0	1/2, 1, 1/2	0, 0, 0	1/2, 1/2, 1	1, 1/2, 1/2	1, 0, 1	0, 0, 0	1, 1, 0	0, 0, 0
	外出	1, 1/2, 1/2	1/2, 1/2, 1	1, 0, 1	1/2, 1, 1/2	0, 0, 0	0, 0, 0	1, 1, 0	0, 0, 0	0, 0, 0
	都不做	0, 0, 0	0, 1, 1	0, 0, 0	0, 1, 1	0, 0, 0	0, 0, 0	0, 0, 0	0, 0, 0	0, 0, 0

收益表中首先给出的是翰瑞夫妇的收益，其次是琼斯夫妇、史密斯夫妇的收益，每一次新的组合要给已经组合好的家庭支付1。

你能应用IEDS方法来简化这个博弈吗？讨论并给出该博弈的一个相关均衡解。

9.4 医疗实践

请回忆一下练习6.5。妇产科医生正在考虑是要选择助产加保健医疗服务，还是只提供保健医疗服务。请给出该博弈的一个相关均衡解。

第 10 章

双寡头垄断的战略与定价

预备知识

- 为了更好地理解本章内容，你需要掌握第1~4章，第7~8章的知识，同时经济理论背景也是十分必要的。
- **本章主要概念**：双寡头垄断、古诺均衡、伯特兰-埃奇沃思均衡、混合战略定价均衡。

冯·诺伊曼与摩根斯坦的著作《博弈论与经济行为》的一个主要写作目的是解决传统经济理论无法解释的问题，如寡头企业定价。寡头，意指市场上仅有少数几个供给者。在寡头垄断中，供给者数量较少，与垄断企业相似的寡头们拥有限制产量、抬高价格、增加边际收益的能力，供求分析法不再适用于此。那么，寡头垄断者会把产品价格提高到与完全垄断一样的水平吗？在冯·诺伊曼和摩根斯坦看来，这是一个合作博弈问题。如果按照非合作或竞争模式行事，产品价格将低于垄断价格，而且可能下降到完全竞争时的水平。

双寡头（duopoly，市场上只有两个供给者）是寡头垄断的极端形式，如果双寡头问题解决了，很容易把结论扩展到三个、四个或多个供给者的情况，因此许多研究都将重点放在双寡头垄断定价上。本章首先阐述几种传统的双寡头垄断模型，然后用博弈论对其进行重新解释，最后介绍博弈论在双寡头垄断定价方面的近期理论成果。

10.1 古诺模型

1838年，法国数学家奥古斯丁·古诺创建了第一个双寡头垄断定价模型。古诺假设寡头企业首先确定投放到市场的产品数量，再根据总供给量得出产品价格。在20世纪的经济学界，古诺模型是与产业需求曲线的思想联系在一起的。（尽管多年以后一些经济学家也提出了相同的观点，但仍认为奥古斯丁·古诺最先创立了这一思想），如图10-1所示。

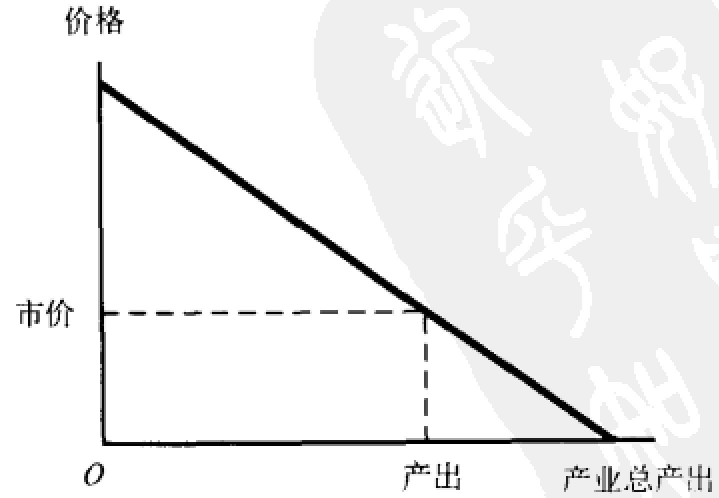


图10-1 产业需求曲线

产业是提供相同或有极强替代性产品的企

业的集合。在图10-1中，横轴为产业内所有企业的总产出，纵轴为产品价格，向右下方倾斜的直线就是**需求曲线**（demand curve）。需求曲线可以由以下两种方式表述：其一，需求曲线上的点表示既定的产业总产出所对应的产品价格，这是古诺模型的解释；其二，在产品价格已知条件下，需求曲线与纵轴的距离代表产品的最大需求量。无论哪种说法，都阐明了高价格对应低需求量的观点。

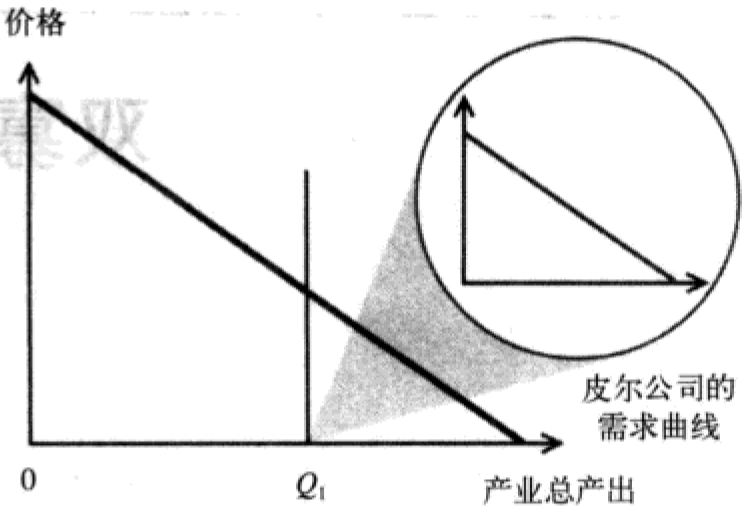


图10-2 皮尔公司的推断与估计的需求曲线

假设某双寡头垄断产业包括斯普莱特（Microsplat）和皮尔（Pear）两家电脑公司。由古诺模型可知，寡头企业先各自决定投放到市场上的产品数量，再依照需求曲线确定产品价格[1]。因此，每个企业做出产量决策之前，都需要**推断**（conjecture）对手的产量。如图10-2所示，皮尔公司认为斯普莱特的市场投放量为Q_1，这样皮尔就可以估计出本企业在产业需求量中所占的份额，得到自身的需求曲线。例如，在产业需求曲线的Q_1点上，皮尔公司产品的需求量为0。实际上，皮尔公司的需求量是斯普莱特公司最大化利润后的产业剩余需求量，对皮尔公司来说，应该调整自身产量，影响产品价格，以实现利润最大化。

经济学教材通常用图表分析这类问题，而古诺模型则采用微积分的方法。我们对于分析过程不必担心，只需要知道寡头企业在已知各自需求曲线条件下会自动调整产出，追求利润最大化就可以了[2]。

另一边，斯普莱特公司也会尽量推断皮尔的产出，以同样的方式确定自己的需求曲线和使利润最大化的产量。古诺的思想是，两家寡头企业以相同方式思考，预测对手的产出，把产业需求的剩余部分看做自身的需求量，并据此选择最大化利润时的产量。

在经济理论历史中，对古诺模型存在两种解释。第一种是将其看做逐步调整的过程，主要观点是：皮尔选择产量后，若斯普莱特发现Q_1不能使其利润达到最大，为了增加利润，斯普莱特会改变产出决策为Q_2；反过来，皮尔也会发觉对斯普莱特产量Q_1预测的错误性，进行重新推断，改变对原有需求函数的估计和产出决策。这样，斯普莱特将再次发现预测偏差，又一次重新做出改变产量的决定。如此循环往复，直到两家公司选择的产量都各自实现了利润最大化，我们把这种情况叫做**连续推断**（consistent conjecture）（该术语并不是古诺提出的，到20世纪80年代才被首次使用）。

纳什均衡理论假定参与者具有理性，显然连续推断不是纳什均衡采用的方法。第二种解释认为：寡头垄断者非常了解对方，以至于能够确定对方利润最大化时的产量，从而正确推断对方行为。按照这种假设，两家寡头企业一开始就能够做出准确无误的判断，避免了逐步纠正预测偏差的过程。

两种解释都影响着博弈论的发展。当博弈论学者思考人们如何选择均衡战略时，经常用到

1 这里隐含着两家企业销售的产品完全相同，并且可以完全替代的假设。在现实生活中，产品不可能完全相同，所以该假设实际上是不成立的。古诺最初以矿泉水代表无差别的产品，不过矿泉水也不是完全一样的。MountainValley牌矿泉水产于我的故乡阿肯色州，我就会青睐于该品牌，而San Pelligrino牌矿泉水能唤起人们对威尼斯运河旁咖啡馆的回忆，它们怎么可以相互替代呢？古诺模型的优点是它可以扩展到产品有差异的情形，本章附录将对此作简要阐述。

2 本章末尾附录部分对此将有详细阐述。

"古诺动态"（Cournot dynamics）这一术语，即前一种观点所说的每个参与者根据对方上一步行为做出反应的推断过程。不过我们并不关心推断过程，理性行为才是本书着重讨论的内容。根据第二种解释，每个寡头垄断者都将选择相对于对方产出最优反应的产量，这不仅是古诺头脑中的想法，也是纳什均衡的重要结论，因此一些经济学家把纳什均衡称为**古诺–纳什均衡**(Cournot-Nash equilibrium)[3]。

在博弈论术语里，古诺产出是一种纳什均衡，其需要选择的战略是产品销售数量。博弈过程中，每家企业都会做出如下假设：

- 人们是理性的，拥有理性的一般知识，对手会选择最优反应战略。
- 对手产量已知。
- 每家企业拥有市场需求减去对方产量的剩余需求量。

10.2 古诺模型中的纳什均衡

为了更加方便地分析古诺模型，有必要了解一下利润最大化的概念。我们既不用微积分，也不用数学曲线，而是依靠囚徒困境等博弈问题中曾经用到过的数字表格，对这一概念进行阐述。假设产业需求函数为

$$Q = 11\,000 - 1000P$$

式中，Q为两家寡头企业产出之和；P为市场价格。需求曲线如图10-3所示。

图10-3中，纵轴为价格，横轴为总需求量。设产品的变动成本为5美元，为了简化分析过程，将斯普莱特和皮尔的战略限定为4种：可分别生产1000、1500、2000和3000件产品（单位是千或百万，以更加贴近现实）。每家企业从4种产量中任选其一，二者之和为产业总产出。若斯普莱特选择生产2000单位的产品，皮尔选择1000，产业总产出就是3000，对应的市场价格为8美元（见表10-1）。表10-1列出了两家企业任意产出战略对应的市场价格情况，尽管该表不是收益矩阵，却为我们得到收益矩阵提供了信息。

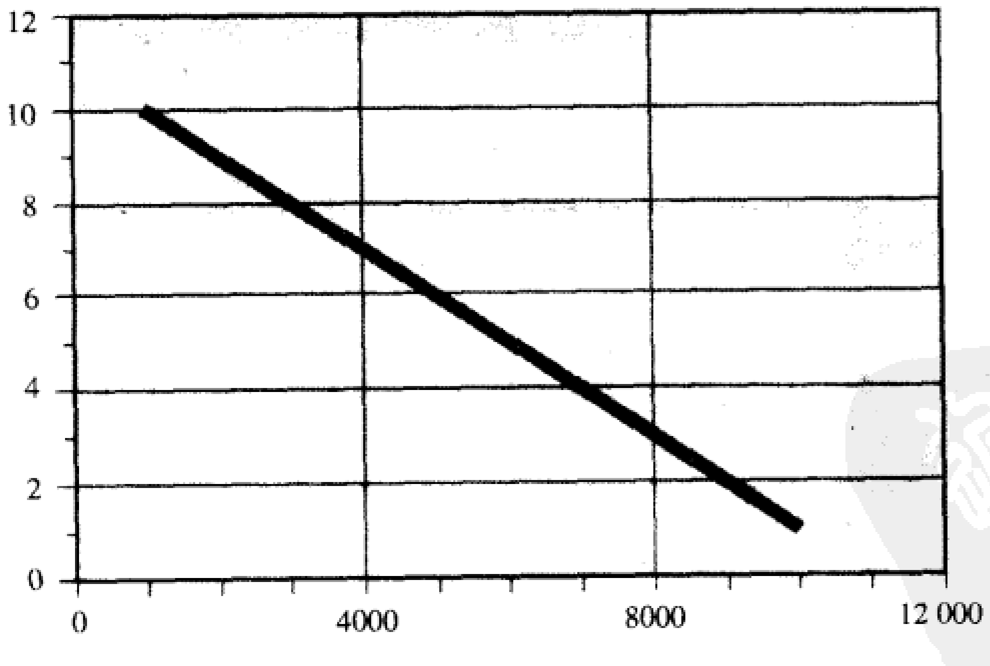


图10-3 产业需求

企业的产量乘以市场价格与边际成本（5美元）之差，即$Q(P-5)$（Q为产量，P为价格），就可得到每家企业的收益矩阵（如表10-2所示）。如果斯普莱特产量为2000，皮尔为1000，市

3 遗憾的是，迄今为止还没有一部关于奥古斯丁·古诺生平的纪念影片。

场价格为8美元，则斯普莱特的收益为2000 × (8−5) = 6 000，皮尔的收益为1000 × (8−5) = 3000。

表10-1　斯普莱特与皮尔的产品价格与产量战略

		斯普莱特			
		1000	1500	2000	3000
皮尔	1000	9	8.5	8	7
	1500	8.5	8	7.5	6.5
	2000	8	7.5	7	6
	3000	7	6.5	6	5

在表10-2中，前面数字代表皮尔的收益（以千为单位）。通过对收益矩阵的观察，可得出以下结论：

- 当总产量为3000，利润为9000时，产业收益达到最大。
- 产业收益最大时的垄断价格为8美元。
- 完全竞争下的价格为5美元，等于产品的边际成本。
- 根据供求分析法，若生产者按照完全竞争行事，产量均为3000。
- 本例的纳什均衡解为（2000，2000），其他战略组合不是相对于对方产量决策的最优反应，被排除。
- 古诺均衡价格为7美元，低于垄断价格8美元，但仍高于完全竞争价格5美元。

表10-2　斯普莱特与皮尔的收益

		斯普莱特			
		1000	1500	2000	3000
皮尔	1000	4, 4	3.25, 5.25	3, 6	2, 6
	1500	5.25, 3.5	4.5, 4.5	3.75, 5	2.25, 4.5
	2000	6, 3	5, 3.75	4, 4	2, 3
	3000	6, 2	4.5, 2.25	3, 2	0, 0

我们可以去掉一些被简化了的条件，使上述结论更加一般化，如边际成本不是常数，需求函数不再那么简单，两家企业的产品不完全相同，等等。不过，无论参数如何变化，得到的均衡价格总是处于垄断和竞争价格之间。另外，若模型参与者扩展到三家、四家或更多家企业，则参与者越多，均衡价格就越接近于竞争价格（等于边际成本）。这些结论与生活中的实际情况一致，当我们比较分析多个不同产业时，确实会发现，寡头垄断价格低于完全垄断价格，竞争者数量越多，产品价格越接近于边际成本。

PDG

古诺模型是有史以来第一个双寡头垄断博弈模型，尽管该模型在逻辑和假设等方面存在一些不足，遭到过一些经济学家的批评，但总的来说仍然是一个相当成功的模型。

10.3 伯特兰与埃奇沃思

1883年，约瑟夫·伯特兰（Joseph Bertrand）在一本书评中提出：为什么生产者关注的是产量，而不是价格呢？伯特兰认为，价格才是生产者需要选择的战略。其核心观点是：如果某一方产品的销售价格低于另一方，则前者将获得所有的市场份额；如果双方定价相同，则共同占有市场。表10-3仍以斯普莱特和皮尔两家公司为例，列出了各自的收益情况，与表10-2不同的是，该矩阵不再以产量，而是以价格作为战略。实际上，两表是一一对应的，如价格组合（8, 8）对应着表10-2的产量组合（1500，1500）。

表10-3 斯普莱特与皮尔的价格战略与收益

		斯普莱特			
		6	7	8	9
皮尔	6	2.5, 2.5	5, 0	5, 0	5, 0
	7	0, 5	4, 4	8, 0	8, 0
	8	0, 5	0, 8	4.5, 4.5	9, 0
	9	0, 5	0, 8	0, 9	4, 4

通过分析可以发现，除了最低的价格组合（6, 6），其他战略都被剔除。对于此类博弈，只要价格高于边际成本，参与者的最优选择就是使价格低于其他竞争者的价格。如果产品价格允许出现小数，那么市场价格将不断地向边际成本逼近，结果与完全竞争模式一样，市场价格等于边际成本，竞争消除了利润。

弗朗西斯·埃奇沃思（Francis Edgeworth）赞成伯特兰的观点，并指出了两种特殊情况。第一，生产者的生产能力可能是有限的。6美元价格下的总需求量是5000，但如果两家公司的最大生产能力为2000，则产品价格不会低于需求量为4000时的市场均衡价格7美元。第二，市场均衡价格7美元也不是稳定的。由于生产者生产的所有产品都能卖出，所以高价格不但不会使消费者转移到定价较低的企业，还会带来更多的利润。因此，无论是高于还是等于供求平衡水平，产品价格都不是稳定的。埃奇沃思进一步推论，价格是难以预测的，随机地在垄断价格与市场均衡价格之间徘徊。

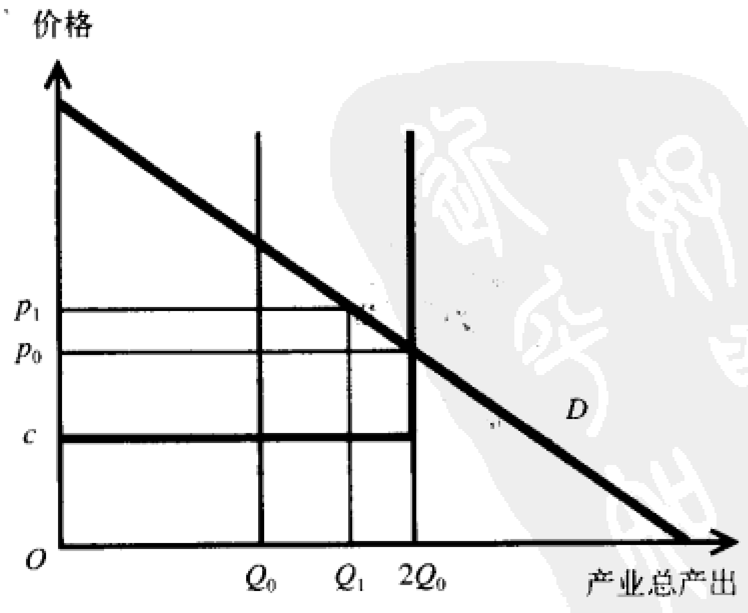


图10-4 埃奇沃思推理

图10-4说明了埃奇沃思推理的具体过程。向右下方倾斜的直线D是两家企业拥有的产业需求曲线，每家企业都能够以单位成本C最多

生产Q_0件产品，产业生产能力为$2Q_0$。产业供给曲线是一条直角折线（由$P=C$沿水平方向引出，至$Q=2Q_0$转向垂直向上的粗线部分），市场均衡价格为P_0。

现假定两家企业都把价格定在P_1，则产品销售量为Q_1，寡头企业平分产量，各自拥有$Q_1/2$的产出。若其中一家企业稍微将自己的价格调低到P_1之下，消费者就都会来购买它的产品，它可以充分利用生产能力，把产量提高到Q_0，增幅为$Q_0—Q_1/2$，产量的提高能够弥补产品价格下降的损失，为它带来更多利润。因此，只要当市场价格高于P_0时，企业的最优反应就是降低价格，任何高于P_0的价格都不是纳什均衡。那么，P_0是纳什均衡点吗？答案是否定的。当价格为P_0时，两家企业的产量都已达到最大生产能力，一方提高价格，另一方却无法利用该机会增加产量，这样高价格的企业可以像完全垄断者一样，限制产量，实现利润最大化。埃奇沃思认为，具有生产能力限制的双寡头垄断市场的产品价格难以预测，用博弈论术语来说，就是不存在纯战略纳什均衡。一般地，没有纯战略均衡的博弈往往具有混合战略均衡（纳什证明了若双人博弈没有纯战略，则具有混合战略）。下面我们就将研究具有产量限制的混合战略定价均衡问题。

10.4 混合战略定价博弈[4]

埃奇沃思推理告诉了我们斯普莱特和皮尔案例的解决方法：

- 如果两家企业定价相同，则各自获得产业需求量的一半。
- 如果两家企业定价不同，则低价企业占有全部产业需求量，或者用尽其生产能力（当产业需求量大于生产能力时）；高价企业的产出等于产业需求量与另一家企业生产能力之差，即古诺模型中的剩余需求量。

假定斯普莱特和皮尔两家公司的生产能力均为2500，斯普莱特定价8美元，皮尔定价7美元。当产品价格为7美元时，市场需求量为4000，由于皮尔最多只能生产2500单位的产品，剩下的1500由斯普莱特以每件8美元的价格销售（每个消费者都想以7美元的价格购买商品，但是需求关系告诉我们，如果供给量不足，有3000名消费者愿意以8美元成交）。这样，皮尔公司以7美元价格卖出2500件产品，利润为$2500\times(7-5)=5000$，斯普莱特以8美元价格卖掉1500件产品，利润为$1500\times(8-5)=4500$，不同价格组合的具体收益情况见表10-4。

表10-4 生产能力限制下的定价战略

		斯普莱特			
		6	7	8	9
皮尔	6	2.5, 2.5	2.5, 5	2.5, 7.5	2.5, 10
	7	5, 2.5	4, 4	5, 4.5	5, 6
	8	7.5, 2.5	4.5, 5	4.5, 4.5	7.5, 2
	9	10, 2.5	6, 5	2, 7.5	4, 4

4 潘卡·盖莫沃特（Pankaj Ghemawat）在其著作《商业运作博弈：案例与模型》（Cambridge, Mass: MIT,1997）中提出了混合战略定价博弈的概念，当然，盖莫沃特的分析方法更加数学化，比本文要复杂得多。

现在需要读者完成下面的工作：根据表10-3的数据，利用上述方法，至少计算出另外三种价格组合的收益情况。

首先，观察一下是否存在纯战略纳什均衡。在表10-5中，我们用下划线代表两家企业对不同战略组合的最优反应，可以看出，没有纯战略纳什均衡。

表10-5 生产能力限制下的定价战略均衡

		斯普莱特			
		6	7	8	9
皮尔	6	2.5, 2.5	2.5, 5	2.5, 7.5	2.5, <u>10</u>
	7	5, 2.2	4, 4	<u>5</u>, 4.5	5, <u>6</u>
	8	7.5, 2.5	4.5, <u>5</u>	4.5, 4.5	<u>7.5</u>, 2
	9	<u>10</u>, 2.5	<u>6</u>, 5	2, <u>7.5</u>	4, 4

那么，是否存在混合战略均衡呢？大家一定还记得，混合战略是指有可能选择的两种或两种以上战略，籍由该方法使其他参与者无法决定自己应当选择什么样的战略。计算混合战略的收益需要引入期望值和事件发生概率的概念（见表10-6）。其中，事件发生概率是斯普莱特选择不同产品价格的可能性，据此得到皮尔公司收益的期望值。该博弈问题属对称博弈，两家企业完全一致，因而得出的结论适用于任何一方。

假设斯普莱特把价格定在7、8、9美元的概率分别是0.6、0.4和0，皮尔选择价格8美元的期望收益为4.5，7美元和9美元的期望收益均为4.4，因此皮尔公司将选择8美元，这是一个纯定价战略。如果斯普莱特把价格定在7、8、9美元的概率分别是0.4、0.6和0，那么皮尔定价7美元的期望收益4.6要大于其他两种选择，7美元成为皮尔的纯定价战略。再者，若斯普莱特把价格定在7、8、9美元的概率分别是0.5、0.5、0，则皮尔定价9美元的期望收益较少，定价为7美元和8美元的期望收益相等，将从二者任选其一，此时，混合战略就由两个纯定价战略组成。

表10-6 斯普莱特的定价概率与皮尔的收益的期望值

概率			期望值			决策
7美元	8美元	9美元	7美元	8美元	9美元	
0.6	0.4	0	4.4	4.5	4.4	$p=8$
0.5	0.5	0	4.5	4.5	4	7和8
0.4	0.6	0	4.6	4.4	3.6	$p=7$

为了知道皮尔公司选择不同价格的概率，我们需要逆向思考，找出使斯普莱特无法确定选择何种战略的概率。由表10-6可知，概率0.5、0.5、0构成了这一博弈的混合战略均衡。需要注意，价格现在是个随机变量，因此，不能再用价格来衡量出售产品的总体价值，取而代之的是

价格的期望值。本例价格的期望值为$0.5\times7+0.5\times8+0\times9=7.5$，正好等于7和8的平均值。当然，若包括企业生产能力在内的假设条件变化了，结论也将发生改变。

事实上，混合战略取决于生产能力。大多数情况下，企业销量受生产能力而不是市场需求量的限制，生产能力越大，降价企业销售的产品就越多。生产能力不同，收益矩阵也不同，其结果可通过扩展数据表格和概率计算软件得出。由于篇幅有限，本书对计算过程不再过多赘述，只把结果列出（如表10-7所示）。

表10-7 不同生产能力的混合战略均衡

生产能力	均衡概率			不同价格战略的期望收益			期望价格	期望利润
	$p=7$	$p=8$	$p=9$	$p=7$	$p=8$	$p=9$		
2000	0	1	0	4	4.5	4	8	4.5
2100	0	1	0	4.2	4.5	3.6	8	4.5
2200	0	1	0	4.4	4.5	3.2	8	4.5
2300	0.083	0.917	0	4.55	4.55	3.13	7.9	4.55
2400	0.27	0.73	0	4.58	4.58	3.49	7.7	4.58
2500	0.5	0.5	0	4.5	4.5	4	7.5	4.5
2600	0.68	0.29	0.03	4.38	4.38	4.38	7.34	4.38
2700	0.73	0.18	0.08	4.37	4.37	4.37	7.35	4.37
2800	0.77	0.08	0.14	4.36	4.36	4.36	7.37	4.36
2900	0.82	0	0.18	4.33	4.28	4.33	7.36	4.33
2950	0.9	0	0.1	4.18	3.7	1	7.19	4.18
3000	1	0	0	4	3	4	7	4

由表10-7可总结出企业生产能力在2000~3000范围内混合战略均衡的一些特点：

- 期望价格随生产能力的提高而降低。
- 期望利润也随生产能力的提高而降低。
- 上述两条结论存在例外情况。
- 当生产能力小于2300时，企业不会选择最低价格7美元，随着生产能力的提高，定价为7美元的概率逐渐增加。
- 如果生产能力小于2300，企业肯定会将价格定为8美元；如果生产能力超过2800，企业绝不会将产品价格定在8美元。

总的来说，两家企业生产能力越强，产品定价越具有竞争性，这与经济学家的预测相符。作者已经对书中事例作了尽可能的简化处理，具体细节相当复杂，计算过程十分繁琐，任何条件的变化都会对结果产生很大影响。若两家企业的生产能力不同，生产成本不同，或企业是非对称的，成本和需求函数不那么简单，模型更加贴近现实，则整体的复杂性将成倍增加。

如果你是企业决策者，面临着扩大生产能力和缩减生产能力两种选择，通过上面的学习可知，生产能力的变化能够影响整个定价战略，即便是很小的变动，也会使原本最优的纯战略不再最优，代之以混合战略。

至此，我们得出如下结论：在双寡头垄断定价中，混合战略均衡是理性的，当使用混合战

略定价代替纯战略定价时，将产生迥然不同的结果。

10.5 适用性

前面的结论是以一些简化条件为前提的，并不适用于所有情况，需要对其适用性做一说明：

- 当生产者单独向个人消费者提供产品时，混合战略模型有效，但并不是所有产业都符合这一条件。像电动机等高价商品，价格基本由报价单确定，不大可能使用混合战略。同时，报价单上的价格不是真正的交易价格，多数交易会以较低的价格完成，价目表只是给出了产品价格的上限。
- 投放到市场的产品数量不仅仅依赖于企业的生产能力。当生产者拥有存货，且存货较多时，就很可能向市场提供更多的产品。另外，许多产品供不应求，企业生产无法按时满足订货需要，影响着企业定价能力。存货现象是一个值得研究的问题，由于存货波动将对价格产生不对称影响，所以除了混合战略定价模型以外，很难用其他方法加以解释，目前这方面的研究成果较少。
- 本章所有定价战略模型都假设作为对手的寡头企业出售完全相同的产品，在现实中，这一假设是不成立的。不同企业的产品不具有完全的替代性，消费者很可能偏好于某种产品，我们称其为**产品差异化**（product differentiation）。对许多企业来说，产品差异与定价战略同等重要。古诺模型纳入了产品差异的条件，只是计算步骤更加复杂，伯特兰-埃奇沃思模型还没有涉及于此。
- 伯特兰-埃奇沃思的混合战略定价模型假定，消费者总是愿意购买低价商品，没有考虑客户忠诚的情况。客户忠诚来源于产品差异或其他一些原因，为了使伯特兰-埃奇沃思模型囊括存在客户忠诚的市场，有必要深入分析个人偏好与价格对消费者购买决策的不同影响。

小结

最优定价战略往往依赖于产业特殊性和产业状况，不存在普遍适用的产量和价格战略模型。不过，很多情况下还是有规律可循的，经济学家和商人们一直关注着这个问题。

纳什均衡概念本身（即参与者将选择相对于其他人决策的最优反应战略）适用于所有以利润最大化为目标的理性企业的价格竞争。在企业有能力控制产量而无法影响产品价格的情况下，古诺模型是理想选择。若产品有差异，可应用扩展的古诺博弈模型。当价格竞争比较激烈时，伯特兰模型为我们提供了解决方法，需要强调的是，有关生产能力（或存货）的限制会使定价策略变得更加复杂。

附录10A：古诺模型的数学解法

本部分将利用经济理论的传统分析手段——微积分和边际分析法讨论古诺模型。我们会把模型一般化，以适用于有差别的产品。为了更好地理解附录A的内容，读者需要具备有关导数、偏导数等微积分的基础知识。

古诺模型中，产品价格是总产量的函数：

$$P = f(Q_A + Q_B) \tag{10-1}$$

其中，Q_A为企业A的产量，Q_B为企业B的产量。为了考虑产品差异化，假设：

$$P_A = f_A(Q_A, Q_B) \tag{10-2a}$$

$$P_B = f_B(Q_B, Q_A) \tag{10-2b}$$

由于企业A和B的产品是不完全替代的，所以企业B的产量增幅对P_A的影响要小于等额的企业A产量增幅的影响。当式（10-2a）与式（10-2b）相同时，Q_A和Q_B可以相加，式（10-2）就演化为式（10-1）。

假设成本函数为：

$$C_A = g_A(Q_A) \tag{10-3a}$$

$$C_B = g_B(Q_B) \tag{10-3b}$$

两家公司都以利润最大化为经营目标，利润函数为：

$$\pi_A = P_A Q_A - C_A \tag{10-4a}$$

$$\pi_B = P_B Q_B - C_B \tag{10-4b}$$

当我们使用微积分解决最大化问题时，需要依靠导数这一必要条件。如图10-5，曲线代表y随x变化的轨迹，y对x的导数即曲线上各点切线的斜率，在曲线顶点，切线水平，导数为零。根据微积分原理，y取最大值的必要条件是$dy/dx = 0$。当然，存在着其他切线斜率为零的点，y并没有得到最大值，可能为最小值或中间值。因此，导数为零只是最大化问题的必要条件，不是充分条件，若想得到充分条件，需要一些附加约束。但对于我们求解极值，必要条件就已经足够了。

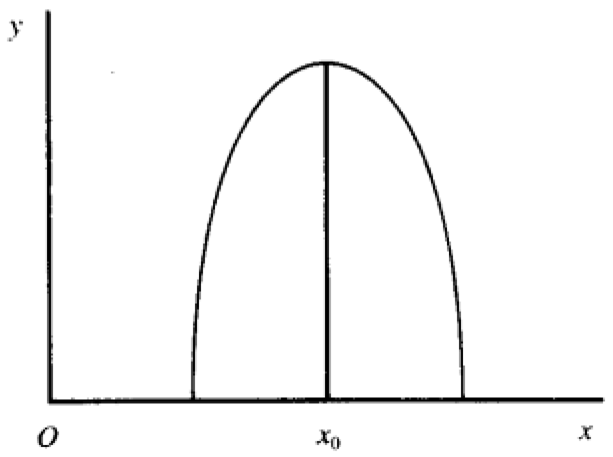


图10-5 总收益曲线

式（10-4）的最大化求解过程稍微有些复杂，详细步骤不予罗列，只给出最大化的必要条件（见式（10-5））。

$$P_A - Q\frac{\partial f_A}{\partial Q_A} - \frac{\partial g_A}{\partial Q_A} = 0 \tag{10-5}$$

在经济理论术语中，$\frac{\partial g_A}{\partial Q_A}$代表企业的边际成本$MC_A$，边际收益为：

$$MR_A = P_A - Q\frac{\partial f_A}{\partial Q_A}$$

实际上，式（10-5）就是经济学经常用到的公式$MC = MR$。

图10-6不仅包括产业需求曲线和企业需求曲线，还加入了企业边际成本和边际收益曲线（以虚线标明），分别向右上方和右下方倾斜。依照微观经济理论，企业应该选择在边际成本等于边际收益处生产，产量为Q。

企业B的收益最大化条件与企业A类似，由于$\frac{\partial g_A}{\partial Q_A} = MC_A$，解式（10-5）得企业B的最优产量：

$$Q = \frac{P_A - \frac{\partial g_A}{\partial Q_A}}{\frac{\partial f_A}{\partial Q_A}} = \frac{P_A - MC_A}{\frac{\partial f_A}{\partial Q_A}} \tag{10-6}$$

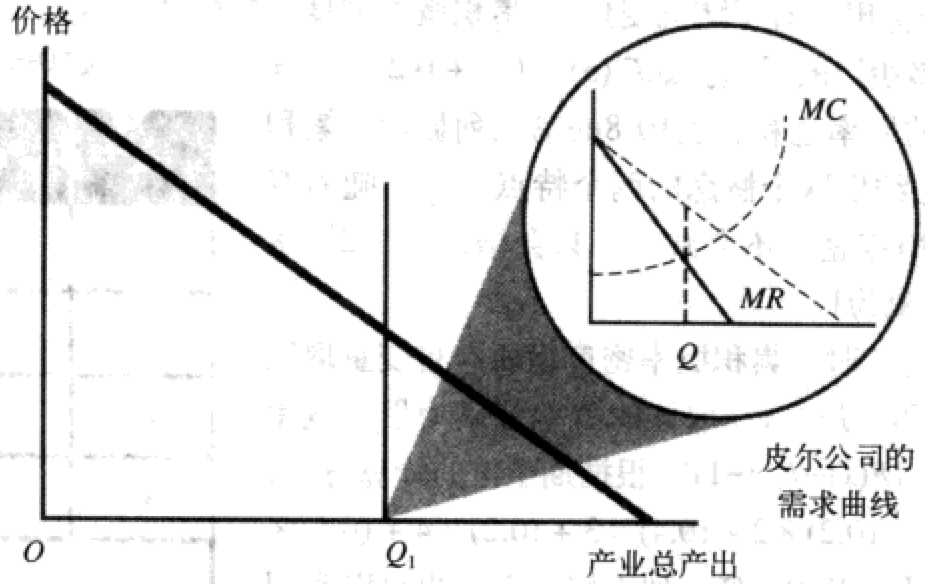


图10-6　基于微积分的古诺模型图解

更进一步，得到式（10-7）

$$\frac{dQ_A}{dQ_B}=-\left[\frac{Q_A\dfrac{\partial^2 f_A}{\partial Q_B\partial Q_A}-\dfrac{\partial f}{\partial Q_B}}{(Q_A+1)\dfrac{\partial^2 f_A}{\partial Q^2_A}-\dfrac{\partial f}{\partial Q_A}}\right] \tag{10-7}$$

将等式合并，可得企业A的反应函数：

$$Q_A = h_A(Q_B) \tag{10-8}$$

图10-7说明了两家企业反应函数的情况，交点（Q_A^*，Q_B^*）代表古诺均衡（假定该均衡点是稳定的，不考虑特殊情况）。

从反应函数交点寻找最优产量是纳什均衡原理的一种应用。企业A反应函数上的点，代表了其对企业B战略选择的最优反应，同样企业B反应函数的点，也代表了其对企业A战略选择的最优反应，在两者交点上，每家企业都达到最优，从而实现了纳什均衡。

附录10B：基于微积分的混合战略定价模型与商业案例

盖莫沃特提出的混合战略定价模型假设任意两个价格之间一定存在着另一价格，引申含义为：价格是连续的。从经济学角度讲，价格连续意味着无论企业制定什么样的价格，其他企业都可以把价格再降低一些，哪怕幅度非常小。盖莫沃特的分析过程需要微积分背景知识，因此正文没有作详细阐述。附录B将以美国通用电气（General Electric）和西屋（Westinghouse）两家公司之间的汽轮发电机价格竞争为例，对混合战略定价模型进行阐述。

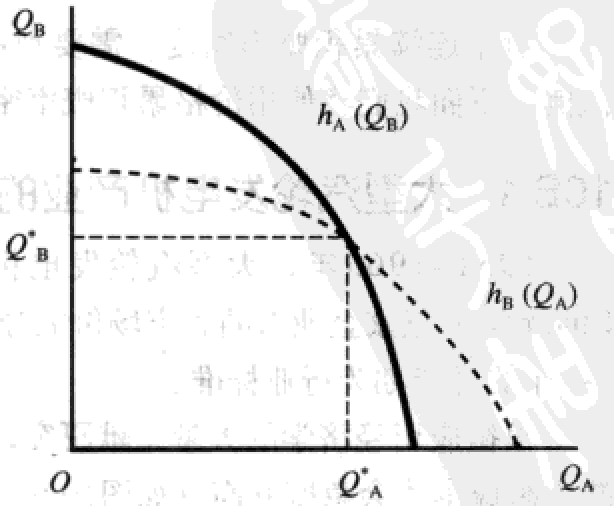


图10-7　企业反应函数

首先，我们需要了解**累积概率密度函数**（cumulative density function，CDF）的概念。累积概率密度是一种描述随机变量不同取值概率的方法，如果随机变量的数量有限，解释起来相对容易。下面用一个例子来说明该术语（见表10-8）。

设随机变量x只能取1、2、3、4、5五个数值，各

取值的概率在第二列标出。对于随机变量x，累积概率密度函数$F(x)$回答的是“随机变量取值小于等于x的概率是多少”的问题。如$F(3) = 0.4 + 0.2 + 0.1 = 0.7$，为$x$取1、2、3的概率之和。表10-8的第三列显示了累积概率密度，从中可总结出这个概念的两个特点：(1) 随着变量x值的增加，累积概率密度不会减少，只会增加；(2) 累积概率密度的取值上限为1。

表10-8 分布函数

x	概率	CDF
0	0	0
1	0.1	0.1
2	0.2	0.3
3	0.4	0.7
4	0.2	0.9
5	0.1	1

更一般地，当x连续时，累积概率密度指所有自变量取值小于等于x的概率之和。那么，x取值的概率应该为累积概率密度函数之差，即$p = [F(x)-F(x-1)]$。根据期望值的计算方法，x的期望值 $= (0.1)\times 1 + (0.2)\times 2 + (0.4)\times 3 + (0.2)\times 4 + (0.1)\times 5 = 3$，这里概率可以由表10-8第二列直接获得，也可以利用累积概率密度之差计算得来，如$0.1-0 = 0.1$，$0.3-0.1 = 0.2$，等等。如果自变量是连续的，就无法利用有限数值相加的方法得到期望值，那么应该如何处理呢？我们可以把期望值表示为无限数值相加之和，假设自变量x的取值范围是$[a, b]$，则期望值$EV(x)$：

$$EV(x)=\int_a^b x\cdot\frac{\mathrm{d}F}{\mathrm{d}x}\mathrm{d}x$$

尽管本例中的累积概率密度函数不是连续的，但在一般情况下它是连续的。图10-8说明了与表10-8近似的连续概率函数与连续累积概率密度的图像。

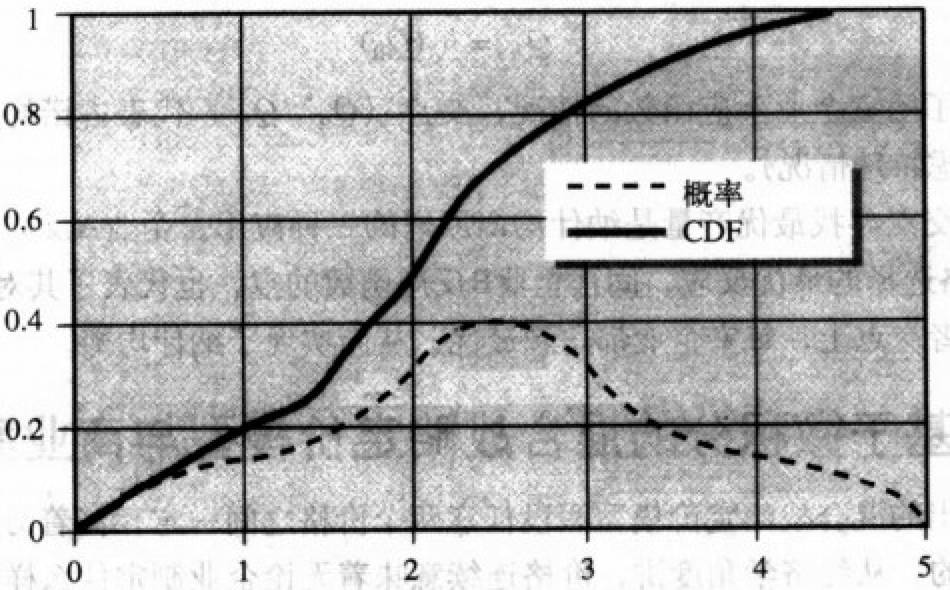


图10-8 连续密度函数

对于连续累积概率密度，需要利用微积分计算x的期望值，当然也可以像上例那样估算近似值。下面我们将使用价格累积概率密度函数，来说明企业产品定价的混合战略。

10B.1 大型汽轮发电机产业的成本假设

1951~1963年，大型汽轮发电机产业由通用电气、西屋和阿里斯－查尔默斯（Allis-Chalmers）三家企业垄断，市场份额分别为61%，32%，6%。发电机的生产以订货情况为基础，1~3年的订货期为行业标准。

根据应用经济学的大量文献研究，盖莫沃特认为成本函数应该近似为常量，直到接近生产能力时成本才会急剧升高（如图10-9，10-10）。

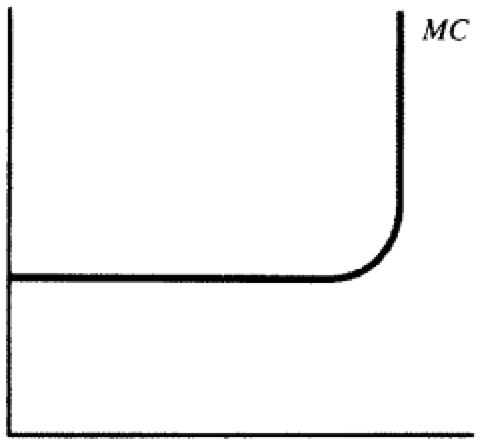


图10-9 假设的供给关系

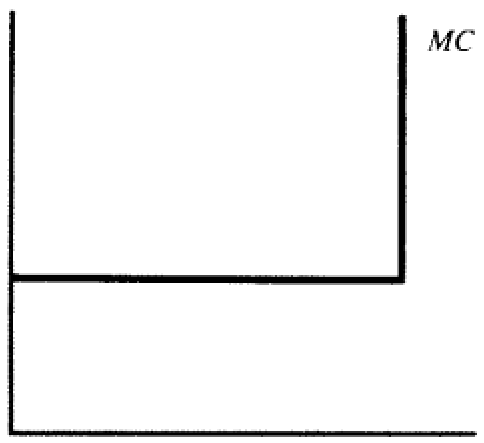


图10-10 简化的供给关系

美国居民电力使用量相当于产业需求量的90%，只要大型汽轮机的发电成本不高与其他方式，电力需求弹性就很低。为了简化需求函数，假定当产品数量低于Q时，市场价格为u；高于Q时，多余部分的产品将找不到买家。这一条件使需求曲线呈直角（如图10-10），也可表示为近似于传统需求曲线的形状（如图10-11中的DD）。

20世纪50年代，有很多关于汽轮发电机报价表的争论，许多数据来源并不可靠。实践表明，当时的价格竞争是相当激烈的，88%的产品的交易价格低于报价。对此，我们需要利用博弈论加以解释。

综合前述两个假设条件，得到图10-12所示的供求曲线模型。价格等于c时，最大产量为R，需求量最多为Q。设两家企业的生产能力都是$R/2$，边际成本c为供求均衡价格，u为垄断价格。根据埃奇沃思的想法，对两个或更多竞争者来说，在$P = u$价位上，每一方都可通过降低价格来增加销量，以提高利润，所以该价格是不稳定的。当$P = c$时，销售价格等于边际成本，企业利润为零，提高价格不会让企业损失更多，企业存在提价的动力，该价格也是不稳定的。基于同样的原因，可以肯定c与u之间的任何价格都是不稳定的。

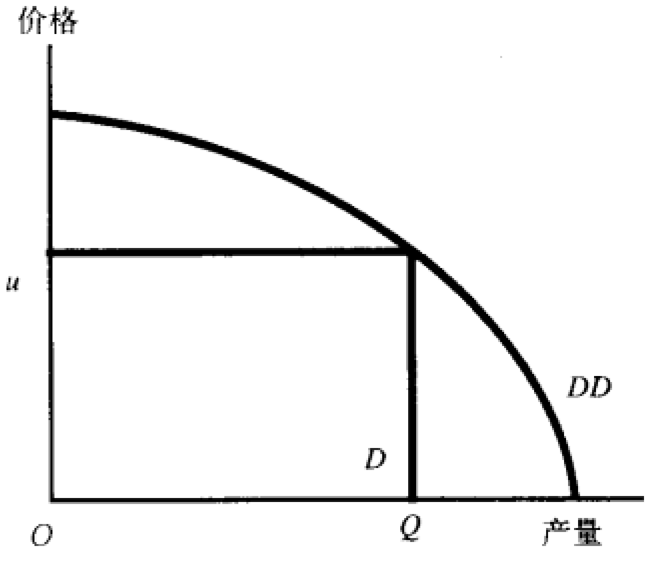


图10-11 简化的需求关系

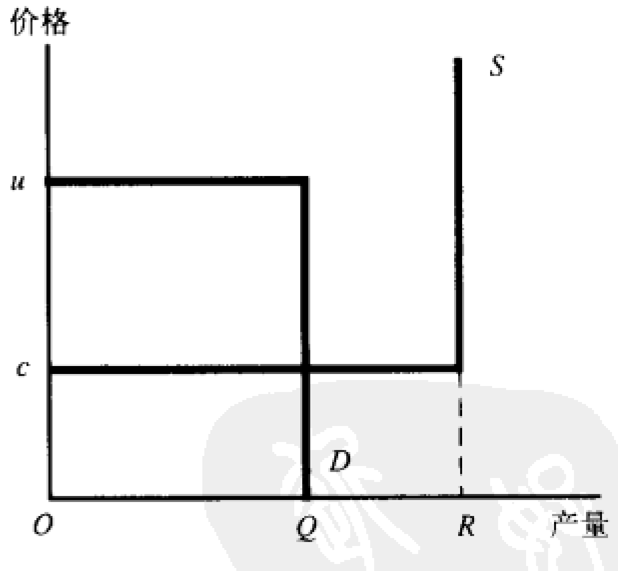


图10-12 简化的需求与供给

下面说明混合战略均衡问题。设$u = 10$，$Q = 80$，两家企业完全一致，产品的变动成本为5，生产能力均为50。如果企业定价不同，则低价企业能够卖出50件产品，利润 $= (P_1-5) \times 50$，高价企业只能把产品出售给那些买不到低价产品的消费者（$80-50=30$），利润 $= (P_2-5) \times 30$。这样，企业可选择任何处于5~10之间的价格，得到混合战略。为了把混合战略解释得更加全面，须引入**累积分布函数**（cumulative distribution function）的概念。对于企业j，累积分布函数为$F_j(P)$ = 企业j的产品价格低于或等于P的概率$P = 5$，$F_j(P) = 0$（产品价格不可能低于5）；

$P = 10$，$F_j(P) = 1$（产品价格不可能高于10）。若价格在两者之间，结果会如何呢？

我们知道，混合战略均衡的条件是：无论企业i定价多少，企业j的概率设计应该使企业i获得相同的期望收益。如果其他价格可带来更多利润，企业i就将改变原有定价策略，破坏战略均衡。先来计算一下价格未知条件下企业i的期望收益情况，这里不需要微积分，一般的代数计算即可。

(1) 若$P > P_j$，企业i售出30件产品，获得利润$(P-5) \times 30$，事件发生的概率为$F_j(P)$。

(2) 若$P < P_j$，企业i售出50件产品，获得利润$(P-5) \times 50$，事件发生的概率为$[1-F_j(P)]$。

（$P_i = P_j$的概率非常小，忽略不计）

企业i的期望收益为

$$
\begin{aligned}
EV &= F_j(P) \times (P-5) \times 30 + (1-F_j(P)) \times (P-5) \times 50 \\
&= (P-5) \times [50 - F_j(P) \times (50-30)] \\
&= (P-5) \times (50 - F_j(P) \times 20)
\end{aligned}
$$

混合战略的定义告诉我们，对于企业i选择的任何价格P，得到的预期收益EV必须是一个常数，这个常数等于什么呢？设$P = u$，则企业i只能卖出30件产品，利润 $= (10-5) \times 30 = 150$，因此对于任何价格，都将得到

$$(P-5) \times (50 - F_j(P) \times 20) = 150$$

由于企业不会选择给企业带来利润小于150的价格，解上式得

当$[50-(150/(P-5))]/20 > 0$时，$F_j(P) = [50-(150/(P-5))]/20$

当$[50-(150/(P-5))]/20 < 0$时，$F_j(P) = 0$

可以把$F_j(P)$表示为图10-13，两家企业完全一致，所以$F_i(P)$与$F_j(P)$相同。

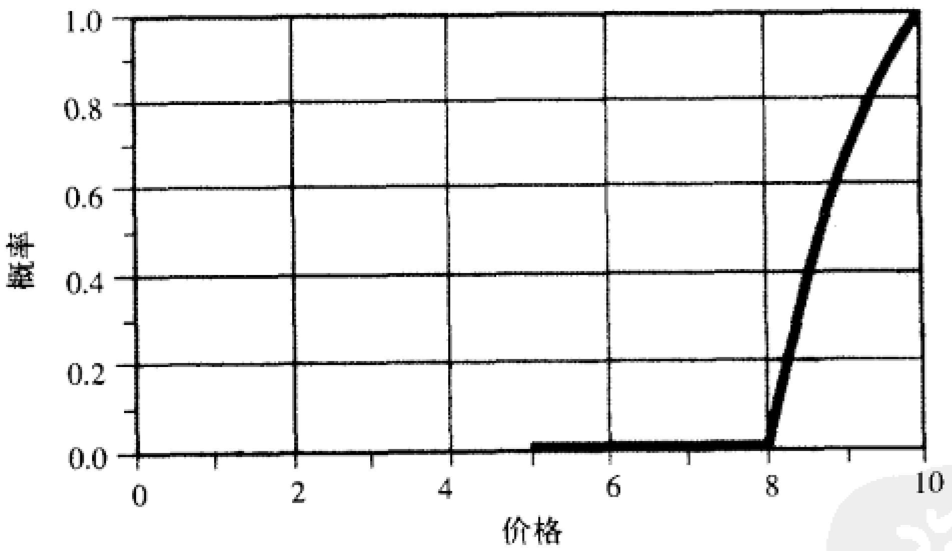


图10-13　产品价格的累积概率曲线

从图10-13中可看出，产品价格不会定在8美元以下，在8~10美元之间，概率逐渐增加。尽管无法确定每一时刻的价格，但能够计算出期望价格，本例为8.83，接近于垄断价格10美元。

期望价格依赖于生产能力的大小。若两家企业生产能力都增加到70，接近于市场需求总量，则产品价格的概率曲线将变成图10-14，期望价格为6.62。可见，生产能力越强，企业之间的竞争就越激烈，产品价格越低。

综上所述，企业生产能力越接近于市场需求总量，期望价格就越低（见表10-9），是企业竞争导致了产品的低价格（双寡头市场尤其如此）。

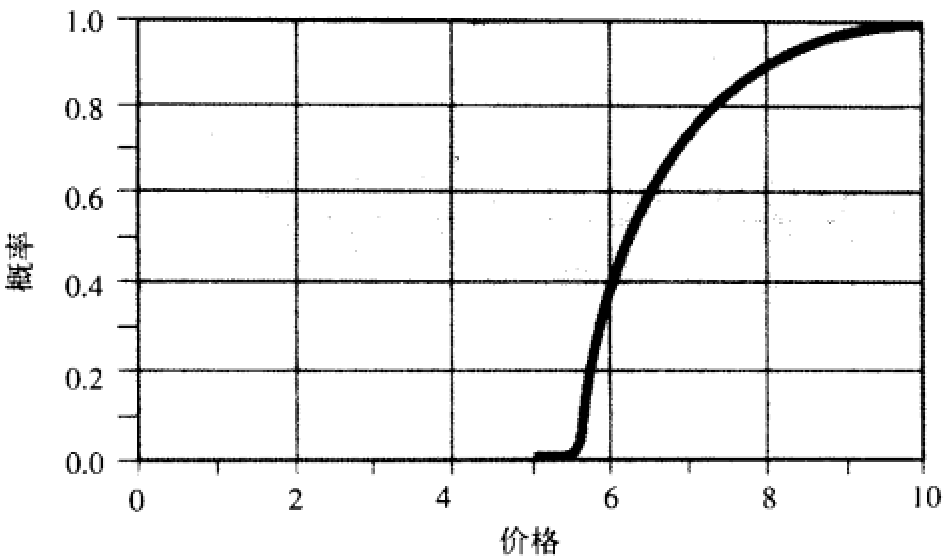


图10-14 生产能力为70时的产品价格累积概率曲线

在大型汽轮发电机价格竞争的研究中，盖莫沃特主要分析了通用电气和西屋之间的博弈关系，忽略了阿里斯－查尔默斯公司的存在。由于通用电气和西屋规模不同，需求与订货情况也有所差别，所以两家公司是非对称的。盖莫沃特最终得到了两家企业产品的价差，而不是实际的价格。通用电气实力较强，定高价；西屋实力稍弱，定低价。

表10-9 企业的生产能力与期望价格

生产能力	期望价格
45	9.93
50	8.83
55	8.28
60	7.74
65	7.19
70	6.62
75	5.96

10B.2 数学方法

设：

- 产业领导者通用电气的生产能力为x_1
- 产业追随者西屋的生产能力为x_2
- 价格低于u，需求量为Q

只要$x_2 < Q < x_1$（意味着通用电气能够满足整个市场的需求，西屋的生产能力小于市场需求）；或$x_1 < Q < x_1 + x_2$（意味着每家企业的产量都无法单独满足市场需求，产量之和可以满足）；产业领导者的定价策略就不会具有过多的侵略性。

利用前面讨论过的方法，得到西屋的累积分布函数

$$F_2(P) = [u(Q-x_2)-Px_1]/[P(Q-x_1-x_2)]$$

西屋的产品价格下限：

$$P_0 = [u(Q-x_2)]/x_1$$

当产品价格低于P_0时，通用电气将占领大部分市场，并用尽其生产能力。根据这一条件，可得通用电气的累积分布函数：

$$F_1(P) = \{[u(Q-x_2)-Px_1]/[P(Q-x_1-x_2)]\}\{x_2/x_1\}$$

图10-15给出了实际价格的累积分布函数曲线，设两家企业的边际成本都为15美元，则实际价格减去15为单位产品利润。其他条件包括：最高价格u = 40美元，需求量 = 总生产能力 × 72%，或 = 通用电气生产能力 × 108%。由图10-15可知，通用电气把价格定在40美元的概率是50%（P = 40时，累计分布函数突然从0.5增加到1），西屋把价格定在30~40美元之间的概率大于通用电气。经过计算，通用电气的产品期望价格为37美元，西屋产品的期望价格为34美元。

PDG

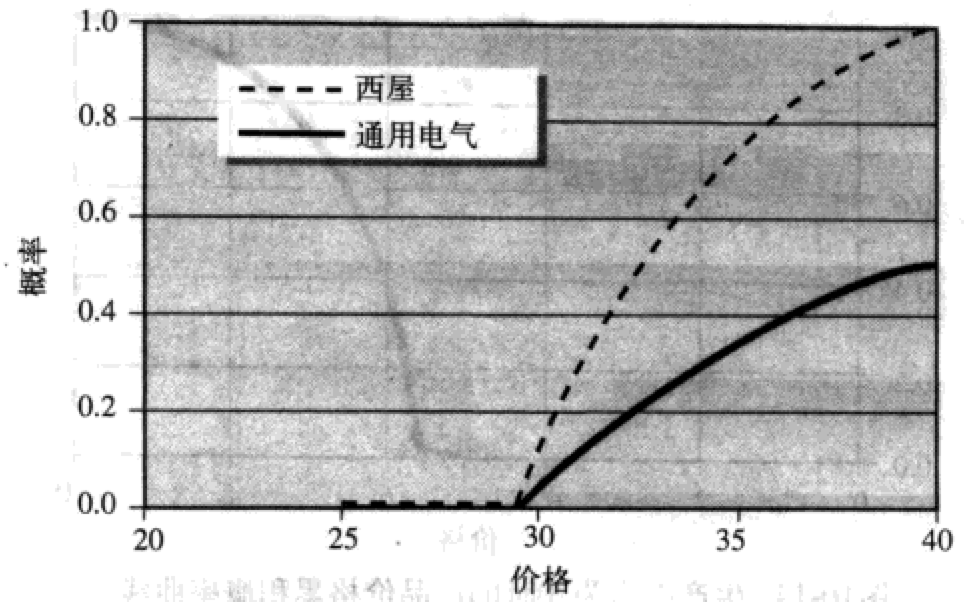


图10-15 需求不足情况下的产品价格的累积概率曲线

图10-16说明了另外一种情况，需求量有所增加（Q = 总生产能力 × 94%，或 = 通用电气生产能力 × 142%），其他条件不变。其计算结果为：通用电气的期望价格为39.59美元，西屋的期望价格为39.17美元，两家企业的定价更加接近。一般来说，大企业的定价策略比较保守，相对更不愿意降低价格。而且，当需求量与生产能力差距较大时，企业间的期望价格差就越大。我们可以将其比喻为：大企业为小企业提供的一个价格保护伞。

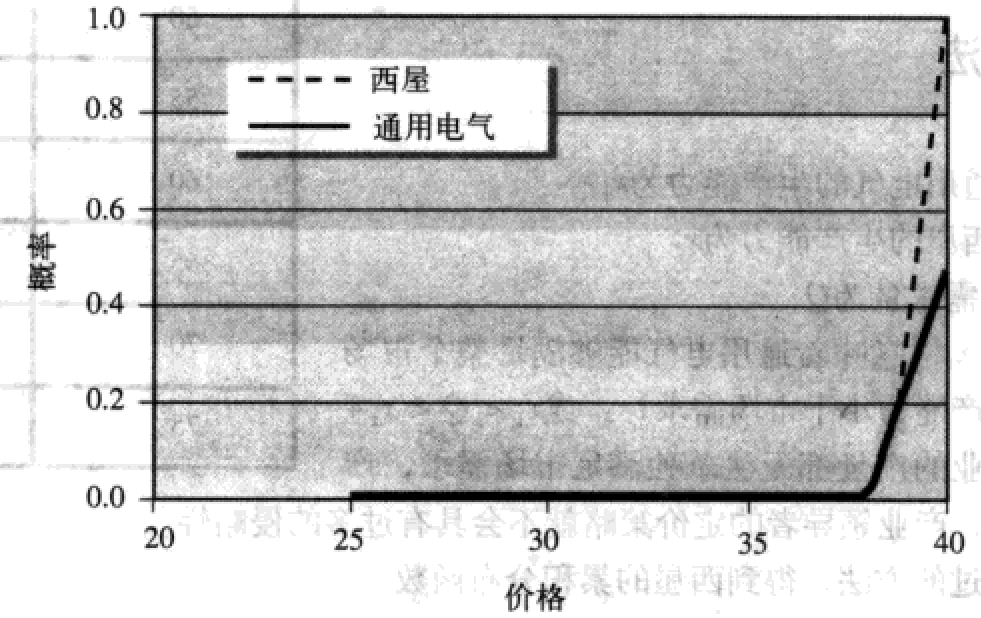


图10-16 需求量增加时产品价格的累积概率曲线

盖莫沃特还对大型汽轮发电机市场进行了统计研究，把大宗订货延迟作为需求量与生产能力差的特征变量，得出下面的公式：

$$GEPREM = 1.5437 - 0.7114 \times \text{订货}$$
$$(0.3078)(0.1248)$$

圆括号中的数值为标准误差，调整过的R^2 = 36.8。GEPREM代表通用电气与西屋的产品价格差，自变量系数为负。该等式验证了混合战略均衡方法得出的需求量与生产能力差距越小，不同企业产品价格越接近的结论。

练习与讨论

10.1 纳特尔竞价博弈

20世纪50年代，沃伦 · 纳特尔（Warren Nutter）把伯特兰对古诺模型的评论纳入到博弈论

中来，现在我们介绍一下纳特尔竞价博弈。已知顶点（Acme）和北美凫（Widgeon）两家零件[5]生产企业，若产品定价相同，二者平分市场份额；若一方定价较低，则占有大部分市场份额，并获得较多利润（如表10-10）。

表10-10 纳特尔博弈的收益矩阵

		顶点零件公司		
		$P=1$	$P=2$	$P=3$
北美凫零件公司	$P=1$	0, 0	50, −10	40, −20
	$P=2$	−10, 50	20, 20	90, 10
	$P=3$	−20, 40	10, 90	50, 50

该博弈问题属于何种类型？为什么？存在纯战略的纳什均衡吗？如果存在，是什么样的战略？有混合战略均衡解吗？为什么？存在占优战略吗？若存在，哪种战略是占优战略？把该博弈问题与伯特兰–埃奇沃思博弈作一比较。

10.2 非弹性需求的价格竞争

下面是一个价格竞争的例子，已知两家企业都把产品价格定在垄断价格上，各获得利润12，市场需求是非弹性的，降低价格会减少利润（收益情况如表10-11所示）。求该定价博弈问题的所有纳什均衡解。

表10-11 价格竞争博弈的收益矩阵

		企业1	
		低价	高价
企业2	低价	5, 5	10, 1
	高价	1, 10	12, 12

5 这里的零件（Widget）是一种不知名的生产零件，Widgets指音乐剧“*How to Succeed in Business Without Really Trying*”中的物品，McConnell在一篇经济导言性的文章里也提及过它。北美凫（Widgeon）是带颜色的小鸭子。

第11章 多人博弈

预备知识

- 为了能够更好地理解本章，你需要学习和掌握第1~8章的基本内容。
- 本章主要概念：多人博弈、代表性经济人、状态变量、比例博弈。

运用博弈论研究现实问题，通常会涉及多个参与者。对**多人博弈**（*N*-person game）进行研究会很复杂，如果博弈中有10个参与者，他们之间就有10! = 3 628 800对关系[1]。现实生活中有一些非常重要的博弈例子，例如：经济竞争、高速公路阻塞、环境的过度开发、货币兑换等，其中都包括多个参与者，因此有必要对多人博弈进行研究。要研究这些博弈，需要一些简化的假设，如此才能使研究变得可行。

11.1 排队博弈

这是一个有六个参与者的博弈。和往常一样，我们从一个故事开始。也许你已经有过例子中类似的经历。六个人在登机口等待，但是检票人员还没有到来。也许这六个不幸的人是在转机，并且中途已经滞留了很长时间，但他们必须等待检票。其中有一个人站起来走到柜台那里变成第一名。这使得其他人觉得自己也必须站起来去排队，结果就是那些本来还可以坐着的人都站了起来。

这里我们给出具体的数值来说明这一过程。有六位乘客，每位乘客所得到的总收益取决于他接受服务的次序，结果显示在表11-1的第二列。服务的次序列在第一列。

表11-1 排队博弈的收益表

服务次序	总收益	净收益
第一	20	18
第二	17	15
第三	14	12
第四	11	9
第五	8	6
第六	5	3

总收益是不排队时的收益。排队则要减去两个单位的收益，所以排队的人接受服务的净收益就比第二列给出的数值小2。净

1 10!读作“10的阶乘”，计算方法如下：10×9×8×7×6×5×4×3×2×1。任何博弈中可能的组合方式都是*N*!，*N*是参与者的数目。

收益列在表的第三列里。

那些不排队的人是在排队的人接受完服务之后被随机叫到的。假设六个乘客都是风险中性者，如果没人排队，那么每个人接受服务的机会是平等的，都可能是第一、第二、……。期望收益值为 $(1/6)\times 20+(1/6)\times 17+\cdots+(1/6)\times 5=12.5$，总收益为75。

这个游戏存在许多的纳什均衡，具体取决于多少人站着和多少人坐着。当每个人都坐着时就不会有纳什均衡存在，只有当四个人排队、两个人坐着的时候才会产生纳什均衡。

现在我们来说明这个均衡是如何产生的。首先，"每个人都坐着"不是一个纳什均衡，因为个人可以通过排队来提高他的收益。假定有人第一个去排队，那么他的净收益就是18>12.5，所以会有人站起来排队。

这就使得其余的人的预期收益变成了11。（你可以通过计算预期值来证明这点。在这种情况下，获得每种收益的概率都是1/5。）我们也可以排除五个人坐着、一个人站着的情况，因为第二个排队的人得到的净收益是15，所以会有人站起来排在第二位。

如此，剩下人的预期收益就变成了9.5。同样也可以证明，两个人站着、四个人坐着的情况不可能是一个纳什均衡。因为第三个排队的人得到的净收益是12，还是会有人站到第三的位置上去。

剩下的三个人的预期收益就是8了。但这还不是纳什均衡。因为第四个排队的人得到的净收益是9，站起来排在第四的人依然可以获得一个比坐着要好的收益。

这样一来，剩下的人的预期收益就是6.5了。因为第五个排队的人只可能得到6的净收益，所以不会有人站起来排队了。进一步说，如果有五个或者六个人排队时，第五个人或者第六个人坐着是合算的。

通过计算预期值可以证明这一点。（提示：如果六个人排队，最后那个人完全可以获得5个单位的收益）。每种有四个人排队、两个人坐着的战略（不考虑顺序）都是一个纳什均衡，而且再没有其他战略是纳什均衡了。这种情况下的总收益是 $18+15+12+9+8+5=67$，低于原本可以达到的75，因此，排队是缺乏效率的。

与大家都不排队时获得12.5的期望收益值相比，排在前两位的人的收益会增加，但是其他人的收益会降低。第一个人排队所获得的收益比不排队时可能得到的期望收益值多5.5个单位，第二个人可以多获得2.5个单位。队列里的第三个人得到的收益是12，少了0.5个收益；第四个人得到9个单位的收益，少了3.5个单位，剩下的人得到的平均收益是6.5，每个人都少了6个单位。由于排队多获得了8个单位的收益，损失了16个单位的收益，显而易见，排队是无效率的。最佳方案，也就是总收益最大的方案，就是谁都不去排队。不过，这并不是一个非合作均衡解。

11.2 多人博弈中的简化假设

囚徒困境是社会两难中经常出现的典型范例。在囚徒困境中，个人理性中的自利因素通常会导致一个糟糕的结果，所以如果参与者选择战略的自由受到约束的话，那么参与者的境况可能会得到改善。有一点我们需要注意：囚徒困境是一个两人博弈，但在许多实际情况中有更多的人在发生相互作用，因此，我们需要将前一部分阐述的多人博弈扩展到囚徒困境这样的社会两难问题中。

冯·诺伊曼和摩根斯坦在包含三个参与者的博弈研究上花费了大量的时间，近来的很多研究者都是步其后尘。冯·诺伊曼和摩根斯坦的研究说明了包含三个参与者的博弈的复杂性，但其对现实研究的帮助并不大。我们需要的是对 $N>3$ 个参与者的博弈的研究，这里 N 可能是一个很大的数。为了达到这一目的，我们需要做出一些简化研究的假设。排队博弈的例子中已经涵

盖了多人博弈里两个基本的简化假设，我们将逐一进行阐述。

在排队博弈里，所有的参与者都被假设成一致的，即每个参与者都可以作为**代表性经济人**（representative agent）。上述博弈阐述了一种简化模型——代表性经济人模型。在这种模型中，我们假设所有的参与者都是一致的，都有着同样的战略集，并且存在对称收益。这并非意味着他们的处境都相同。就像我们在排队博弈中看到的那样，只有一个人排在队列的第一位，其他人排在后面，而且有的人一直坐着。即使代表性经济人在某个特定的情形之下有着同样的战略集和同等的收益，他们在均衡状态下也可能处境完全不同，这是代表性经济人模型的关键所在。这种不同是博弈中纳什均衡的不同，与代表性经济人无关。

代表性经济人假设方法的使用不是无限制的。经济学家们有时候会因无限制地使用该方法而遭到批评，这在经济学中很常见。但是在许多现实例子中，它还是很有实用价值的，在接下来的部分我们会应用到它。

在排队博弈中还有另一个重要的简化假设，就是没有乘客需要去了解其他乘客所选择的战略（比如，谁是队列中的第一个，谁是第二个等）。一个乘客所需要知道的只是队列的长度。如果队列比较短，最佳反应战略是去排队；否则，最佳反应战略应该是继续坐着。所以，我们说队列的长度是一个**状态变量**（state variable）。

状态变量是一个单变量，或者说是某些变量中的一个。如果将状态变量汇总，就可以描述博弈的整个状态。状态变量是代表性经济人做出最佳反应战略时所需要知道的全部信息。

状态变量这一术语在博弈论中的使用通常比较狭隘。它来源于对随时间演变的博弈的研究，因为这些博弈建立在**微分方程**（differential equation）的基础之上，所以被称为**微分博弈**（differential game）。这种随时间演变的博弈的一个典型例子就是**追逐博弈**（pursuit game）。在这个游戏中，追逐者要在最短的时间内抓到其他的被追逐者。在许多类似的游戏中，追逐者需要知道的是他和被追逐者之间的距离。追逐者的最佳反应战略是使得这段距离尽可能缩短。同样，所有的被追逐者也需要知道同样的信息。被追逐者的最佳反应战略是使得这段距离尽可能延长。这样，距离就成了这种追逐博弈的状态变量。当然，微分方程是微积分学的一部分，用来分析追逐游戏的数学知识超越了本书的范围。对于微分博弈感兴趣的同学需要学习博弈论的更高级课程和中级数学。但是状态变量本身并不需要或只需要一点点的数学知识。

在本书后面的章节，我们将使用“状态变量”这一术语来指上面定义的任一变量，该变量用以描述博弈的状态，参与者只需要知道这些变量就可以选出最佳战略，而不需要知道别的什么。我们相信这个术语是有用的，但是很多博弈论学者们对它的使用是很狭隘的。

这两个假定——代表性经济人和状态变量，相辅相成，有助于我们理解多人参与的复杂博弈。它们是很有用的工具，和其他有力的工具一样，需要谨慎使用，这点我们在本章的最后还会加以重复。

11.3 多个参与者的博弈：比例博弈

排队博弈的例子是对人类真实的相互作用的洞察，其中的代表性经济人和状态变量假定非常重要，它告诉了我们一种研究社会两难问题的方法。这种简单的研究方法使对存在两种战略的多人博弈的研究更符合经典的经济学要求，对于研究本身的正确性而言也很重要。

在这个例子中，让我们考察一些无差异的通勤者对交通工具的选择——开车或者坐巴士。最基本的假设是，汽车会增加交通堵塞，减慢交通。越多的人开车上班，到达工作地点所需要花费的时间就会越长，对于开车和坐巴士的通勤者来说收益也就越小。通勤者是代表性经济人、

他们的收益随着路上汽车数量的变化而变化。状态变量是开车人与乘车人的比例。无论某一通勤者选择何种交通工具，开车人的比例越高，交通就会越缓慢。

图11-1说明了这一点。在该图中，水平轴衡量的是开车人的比例，它在0～1的范围内变化。纵轴显示的是这个博弈的收益。上面的虚线显示的是开车人的收益，可以看到，它随着开车人比例的上升而下降。下面的实线显示的是坐巴士的人的收益。[2]我们可以发现，无论开车人的比例如何，开车的收益始终高于坐巴士的收益。换句话说，开车在这个博弈里是占优战略。在占优战略均衡里，所有人都开车。结果是他们都得到一个负收益-1.5。相反，如果都去坐车，他们都会得到一个正1的收益。如果所有的通勤者都选择对个人有利的交通方式，那么最终的结果会变得更糟。

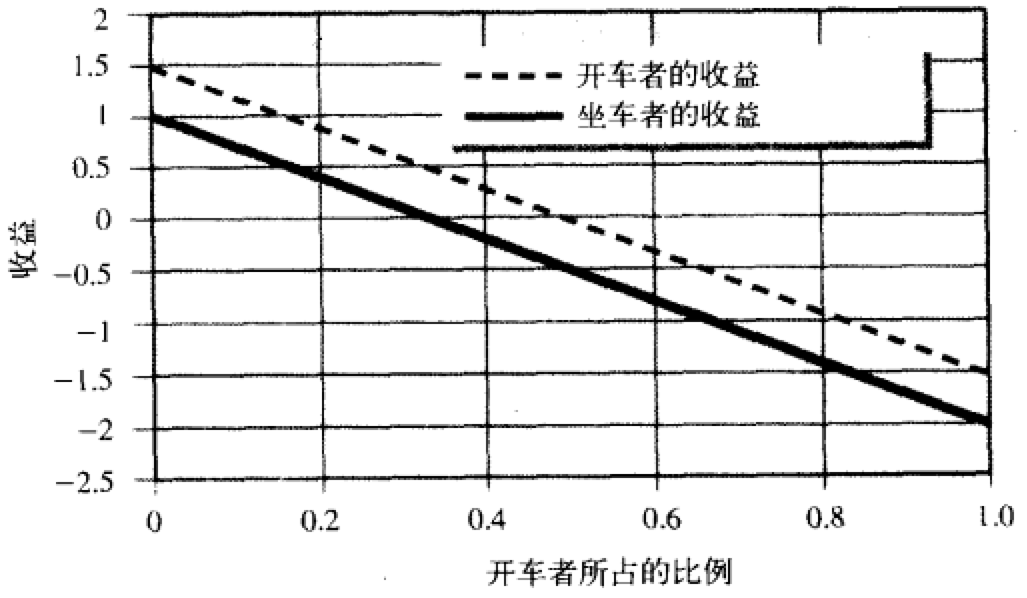


图11-1 通勤者收益

这是一个社会两难问题，在这里存在一个占优战略均衡，但是这个占优战略会使每个人的状况变得更糟。这个模型可能不是很现实，因为确实会有人选择坐巴士。所以我们让它变得更符合现实一点，如图11-2中所示。

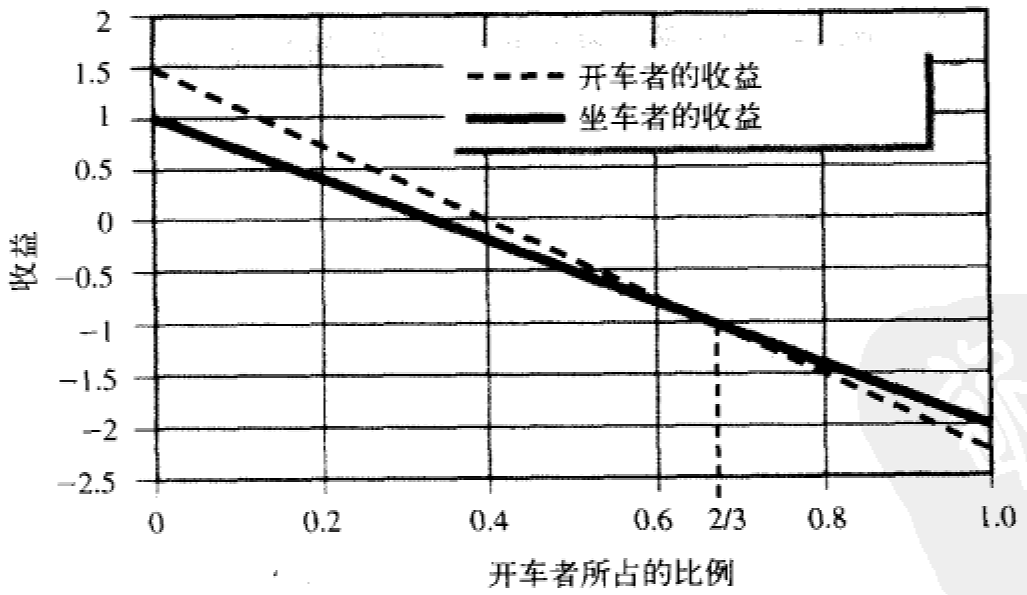


图11-2 复杂的通勤者博弈的收益

2 为了说明这个例子，我们要对收益进行度量，用1表示开车者的最大收益。乘车者的收益用$1-3q$计算，开车者的收益为$1.5-3q$，其中q表示开车者的比例。这些数字是随意指定的，目的只是要说明相关观点。这一思想来自于Herve Moulin的《社会科学中的博弈论》(New York: New York University Press, 1982)，pp. 92-93.

图11-2中的轴、线与图11-1中的定义相同。在图11-2中，交通堵塞使得巴士在某种程度上减速了，所以乘坐巴士的收益随着堵塞的加剧而降低，但开车者的收益降低得更快。[3]

当开车者的比例达到$Q = 2/3$的时候，坐巴士的人的收益赶上了开车者的收益，并且当更多的人开车时，开车的收益要低于坐巴士。

至此，这个博弈不再有占优战略均衡。然而，它有一个纳什均衡。当2/3的人开车时就是一个纳什均衡。原理如下：从2/3处开始，如果一个坐巴士的人转为开车，他将转移到2/3右边的区域，在那里开车处于不利地位，所以有人会从开车转为坐巴士，从而又返回到2/3处。类似地，如果一个开车的人转为坐巴士而转移到2/3处左边区域，在那里坐巴士是处于不利地位的，所以有人就会转为开车，同样又回到原处。在$Q = 2/3$的点上，没有人可以通过改变战略而获利。

这又一次说明了很重要的一点：在纳什均衡里，无差异的个体可以选择不同的战略来使其收益最大化。纳什均衡有些类似于经济学中的供需平衡，如例子中我们所看到的那样，但也并非完全相同。特别是，回到图11-2的起点，如果每个人都坐巴士，那每个人的处境都将变好，然而这其实是缺乏效率的。对于开车者和坐车者并存的情况，纳什均衡的收益是−1；只有坐车者的情况下，收益是1。然而，如同社会两难问题一样，当他们没有经过协商而只从个人利益出发的时候，他们是不会都选择坐巴士的。

下面将要给出的是一个**公地悲剧**（tragedy of the commons）的实例。高速公路对于所有开车和坐车的人来说都是很普通的资源。然而，开车的人对它的使用更频繁，更容易造成资源的“退化”（在这里，指的主要是交通堵塞）。开车者通过更频繁地使用这一公共资源获得了一种私有利益，至少在资源相对来说还没有“退化”的时候是这样。公地悲剧就是由于对资源的过度使用造成了对资源的破坏，使得整体收益降低。

在公共牧场上放牧，除非资源被耗竭，否则每个牧民都会一直增加自己的牧群。因此，这种集体频繁地使用公共资源的行为需要法规、惯例的制约，或者由公益机构将其控制在一定范围内，否则公地悲剧问题就无法解决。这一理论大多数都应用在环境资源课题上，近来世界上很多地区渔业的枯竭就是公地悲剧的很好例证。

归根结底，公地悲剧其实是一个多人社会两难问题，如图11-1和图11-2所描述的那样，对社会两难进行分析有助于我们理解现代社会中众多的公地悲剧之类的问题。

11.4 再看鹰鸽博弈

在第5章我们学习了被称为鹰鸽博弈的经典2 × 2博弈。为了方便起见，我们再次给出这个博弈的收益，见表11-2（同第5章表5-9）。这是博弈理论在生物领域里的一个应用，但未必完全正确，毕竟鹰和鸽子是两种不同的鸟类，而且它们并不能决定是采取“鹰”还是“鸽子”的战略，即便它们认为另一种战略较优，它们也不能改变战略。同时，鹰和鸽子对于金钱收益并不感兴趣，它们根本不懂各自的“成本与收益”是什么。

表11-2 鹰鸽博弈

		鸟B	
		鹰	鸽子
鸟A	鹰	−25, −25	14, −9
	鸽子	−9, 14	5, 5

事实上，博弈论在生物学中的应用与其他方面的应用有所不同。博弈论在生物学上的应用

3 在图11-2中，乘车者的收益没有改变，开车者收益的计算公式为$1.5-3.75q$。

体现在演化生物学和群体生物学两部分。博弈的收益不是金钱或者效用，而是繁殖的适应性。就是说，对于一只鹰或者一只鸽子，收益就是得以生存或者保留后代的几率。保留后代数量的**期望值**（expected value）越大，收益也就越大。另一方面，由于群体生物学考虑的是整个生物群，所以总是会有两个以上的参与者。对鹰鸽博弈而言，博弈是发生在两种鸟之间的，但是这两种鸟是在一个大的种群中随机抽出进行组合的。一只鹰或者鸽子，如例子中所说的那样，和另一只鹰或者鸽子组合的概率，取决于鹰群与鸽群的比例。

假设鹰比鸽子更具繁殖力，也就是说，鹰在繁殖期间平均要比鸽子多繁殖后代。因此，鹰群的成长速度要比鸽群快，任何一种鸟与鹰进行组合的比率就会增加。这最终会使平衡倾斜，鸽子的繁殖力可能会接近于鹰，或者强于鹰。

对于一只等待下一次组合的鸟来说，我们可以认为鸟是在与自然界进行博弈，因为在给定的概率下，自然界决定哪种鸟将参与组合。表11-3显示了鹰鸽博弈的期望值。我们已经知道，与鹰进行组合的概率等于鹰在整个种群中所占的比例。

表11-3 鹰鸽博弈的期望值

		鸟B		收益的期望值
		鹰	鸽子	
鸟A	鹰	−25	14	$-25p+14(1-p)$
	鸽子	−9	5	$-9p+5(1-p)$
概率		p	$1-p$	

每种鸟的收益取决于与鹰组合的概率，进而取决于鹰与鸽子的比例。在图11-3中，与鹰组合的概率（鹰的比例）显示在横轴上，鹰和鸽子的收益显示在纵轴上。鹰的收益由实线来表示，鸽子的收益由虚线来表示。我们可以看到，如果鹰的比例小于36%，那么这两种鸟的种群都会扩大。这种情形延续下去直到鹰所占的比例达到36%。如果鹰的比例超过36%，鸽子的繁殖能力就会胜于鹰。两个种群都开始缩小，但是鹰群缩减的速度更快，直到再次达到36%。

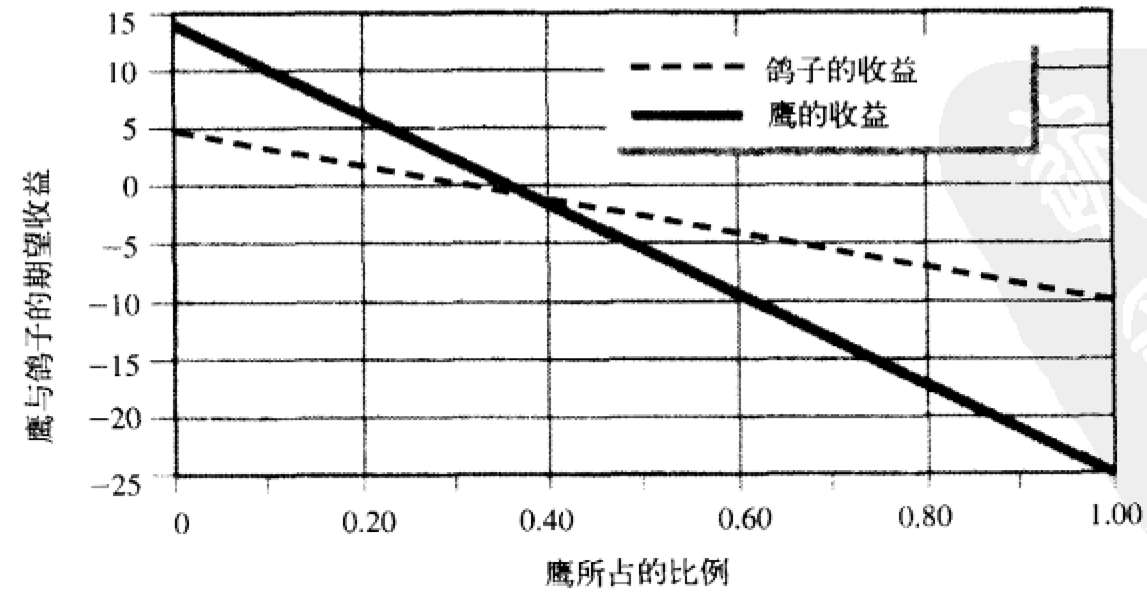


图11-3 鹰与鸽子的收益

在这个博弈中，鹰的比例是状态变量。“鹰”的战略在鹰的比例小于36%的时候是最佳反应战略，“鸽子”的战略在鸽子的比例大于36%的时候是最佳反应战略。所以鹰占36%就是一个纳什均衡——这时每个参与者都选择了最佳反应战略。

和以前章节里的例子比起来，博弈论在生物学里的应用更具趣味性。它给我们提供了另一个包含简化假设（特别是状态变量）的例子。它拥有两个以上的参与者，但在特定时间只能有两个参与者进行组合，我们在本书的后面章节将研究多个参与者相互作用的情况。

这是一个很好的例子，它将概率和期望值的概念引入了多人博弈，随机组合参与者的方式能够使多人博弈简化为一个2×2博弈，这在例子中都有所说明。另外，倾向做“鹰”的代表性经济人是不同于倾向做“鸽子”的代表性经济人的。对代表性经济人模型进行修正之后，就可以研究存在多种类型代表性经济人的问题。在人类的博弈中，不同类型的代表性经济人可能拥有不同的品位、信息，对资源的要求也不同，甚至有不同的理性。我们在下一节将会涉及这一问题。

11.5 供给、需求和试算法

我们在这一节中所看到的简化假设并不是源自博弈论，而是经济学。我们可以尝试将微观经济学中的供需理论用代表性经济人和状态变量来表述。买方和卖方可以看做是两类代表性经济人，市场价格是状态变量。卖方想要使自己的利润最大化，利润是卖方的收益。买方想要在有限的收入范围内，使自己从所购买的货物中得到的满意度或效用最大化，这种主观效用就是买方的收益。

在供需博弈中，博弈规则是由一个叫**试算法**（tattonement）的过程所决定的。这是一个法语词，是由比利时籍的瑞士经济学家里昂·瓦尔拉斯（Leon Walras）首先提出的。它含有“探索”的意思，指的是一个反复试验来决定货物或服务价格的过程。首先，拍卖商[4]随机喊出一个价格，所有的买方给出在这个价位上他们愿意买的数量，同时所有的卖方给出在这个价位他们想要卖出的数量。拍卖商合计出人们想要买入和卖出的数量；如果需求总量大于供给总量，拍卖商则再喊一个稍高的价位出来；如果需求总量低于供给总量，则拍卖商再给出一个稍低的价位。同样地，买卖双方再次给出在这个价位他们所要买入和卖出的数量。拍卖商再次合计数量，根据供需数量的比较来调整价格。这样反复调整价格，直到人们想要买入的数量和想要卖出的数量相等。这时，每个人在最终达到的价位上买入和卖出事先声明的数量。这个价位就是供需理论中的均衡价格。试算法的关键就是在拍卖商找到供需平衡的价位之前，没有人做任何的买入或卖出。

我们假设买卖中的每个人都是理性的参与者，都旨在通过买卖达到利益最大化。所有买方和卖方是如何对拍卖商给出的价格作回应的呢？两个在基础经济学中人们所熟知的概念将帮助我们解答这一问题。至少，每个学过经济学原理的人对它们都不会觉得陌生。这两个概念就是需求曲线（或需求函数）和供给曲线（或供给函数）。

供给函数是价格和人们愿意在这个价格上卖出货物数量之间的关系。对于每个价格，在供给曲线上与之相对应的数量，就是在这个价格上能给卖方带来最大收益的供给量。价格提高卖方的收益也会提高，通常，供给量会进一步扩大。

---

4 由于很多市场和拍卖交易没有相似的地方，因此对于很多市场而言，这种情况并不现实。在经济学家关于试算法概念的研究中，这种批评是很常见的。但是很多市场可以看做是存在一个持有固定价格的拍卖商。在之后的章节中，我们将会看到其他一些不同的关于定价的博弈理论模型。

PDG

需求函数指的是价格和在这一价格上买方愿意买入的产品数量的关系。对于一个给定的价格，与之相应的数量，就是在此价位给买方带来最大净收益的数量。

现在让我们回到试算过程中。当拍卖商宣布一个价格，一个理性的卖方会作何反应？对于这个价格他会提供他供给曲线上的数量，还是其他的数量？为了做出决定，卖方需要考虑到两种可能性，如表11-4中所示。由于他并不知道其他买方和卖方将会使用的战略，他无法知道供给数量是否可以与需求数量在这个价位上达到平衡。试着回忆一下，游戏的规则是只有在供给量和需求量达到平衡时买卖才会发生。所以有两种可能：或者货物在声明价被卖出，没有盈余也没有短缺；或者当价格不能平衡供需数量时，什么也没卖出去。

表11-4 出售者的博弈结果

		战略	
		供给曲线上的宣布数量	宣布其他的数量
意外	平衡数量	最大利润	低于最大利润
	非平衡数量	0	0

如果价格不能平衡供需量，宣布其供给函数上的数量并不会让卖方损失什么。另一方面，如果价格可以平衡供需，宣布一个并非其供给函数上的数量，将会造成卖方的损失。对于这两种可能性，最好的反应就是提供其供给函数里的数量。

如果游戏的规则不同，则结果可能不同（见表11-4）。假设不用试算规则，只要需求量等于或大于供给量，卖方就卖出货物。当价格等于或低于平衡点的时候，卖方供应的货物被卖出。但是当需求量大于供给量的时候，价格会持续上升。结果，卖方失去卖出高价的机会。因此，提供供给曲线上的数量可能就不是最佳的选择。卖方将不得不权衡两种意外发生的可能性，来最大化自己的利益。如果游戏规则允许在非供需平衡点卖出货物，那么这一过程被称为非试算过程。

对于理性买方来说也是类似的，他也必须考虑到两种可能：在供需平衡点交易，或者在非平衡点根本不发生交易。一方面，如果买，那么他在非需求函数之外买入的数量都会损失。另一方面，如果价格不能使供需平衡，那么声明自己需求函数上的数量并不会使他损失什么。

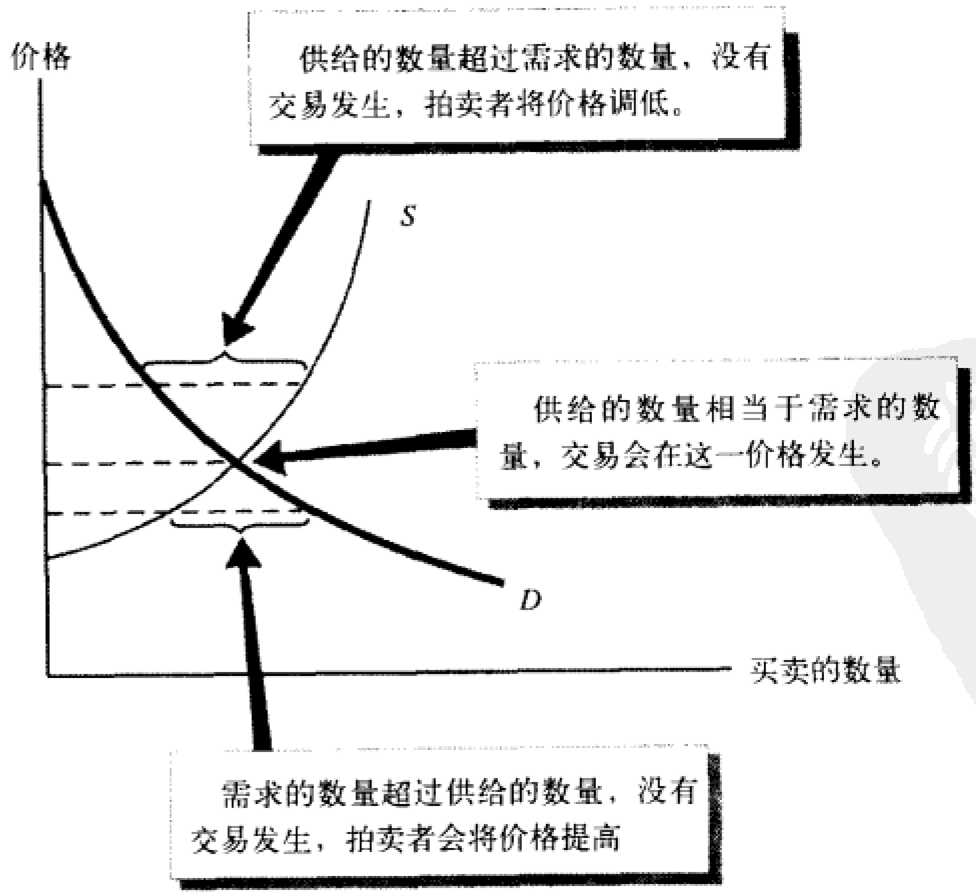


图11-4 试算法博弈的规则

经济学原理课程[5]中的供需模型可以被看成是有N个买方和M个卖方参与的$N+M$人的试算博弈，在这里N和M的值都是很大的。

11.6 凯恩斯经济学和协调问题

现代经济学有两个主要分支：微观经济学和宏观经济学。供需理论在这两个分支中都占有一席之地。但是，凯恩斯传统理论中的一些宏观经济学家认为，由于现实世界中的许多市场中的博弈都属于非试算过程，用供需理论研究非试算过程会忽略市场体系中的一些重要问题。他们认为市场中存在协调失败的问题，[6]尤其是在消费者/储蓄者和生产者/投资者之间，这就使得经济并不会向潜在的方向发展。同时，他们也认为预期可能会影响经济的潜在发展方向。

因为协调问题的存在，所以我们需要研究协调博弈。表11-5给出了"生产者"和"消费者"之间的协调博弈，这也是一个2×2博弈。

表11-5 宏观协调博弈

		消费者	
		储蓄	消费
生产者	简单	5, 5	8, 8
	迂回	10, 10	6, 6

在这个博弈中有6个假设：

1. 生产者可以选择"迂回"或者"简单"两种生产方式。[7]机械化、研发以及培训都属于迂回生产方式。这种生产方式非常高效，但是生产者只有通过销售债券和股票，从消费者那里筹来资金，才能成功地把它们付诸到实践中去。

2. 消费者选择储蓄或者进行现有产品的消费。

3. 如果消费者进行储蓄，生产者选择迂回生产方式，则生产者就能够为消费者的投资支付一个较高的回报，这对双方来说都是最好的选择，以10分制来评价，可以得到满分。

4. 如果生产者选择简单方式，并且消费者选择把钱花在现有产品上，那么这对他们二者来说并不是很好，因为简单生产是低效的。此时双方各得8分。

5. 如果消费者选择消费，并且生产者选择迂回生产方式。对迂回生产进行融资将会失败，生产与消费者的消费就不再成比例，这会导致轻微的通货膨胀并使双方都遭受一定程度的损失，此时双方各得6分。

6. 如果消费者选择储蓄，而生产者选择简单生产方式，消费的比例就会小于生产比例，所以生产者必须缩减产品的生产规模。此时，消费者的雇用收入会降低，同时在储蓄上的回报也会很低。结果是双方都受损失，各得5分。

这些收益列在一个以标准式表述的2×2的博弈中，见表11-5。很容易发现，这个博弈存在两个纳什均衡，分别对应于假设3和假设4。这是一个协调博弈，协调博弈会引发一些特殊问题。那么，最终会产生哪一个均衡呢？如果生产者和消费者都没有什么经验的话，（储蓄，迂回）的战略组合将会受到消费者和生产者的青睐，形成一个谢林（Schelling）点。在这个例子中，这将实现经济中最大的潜在产出。但是，我们知道谢林点同时也可能是一个基于以往经验的预期结果。假设生产者预期消费者花的比储蓄的多，消费者预期生产者会选择产出小的

---

5 如W. Baumol and A. Blinder, *Economics, Principles and Policy*, 8th ed. (New York: Harcourt, 1999), p. 77.

6 如W. Baumol and A. Blinder, *Economics, Principles and Policy*, 8th ed. (New York: Harcourt, 1999), pp. 560-562. and note also J. Bradford DeLong, *Macroeconomics* (New York: McGraw-Hill, 2002), p. 471.

7 迂回生产影响投资的观点来自于第一代奥地利学派的经济学家：Karl Menger、Friedrich von Wieser以及Eugen von Bohm-Bawerk。例如，Karl Menger, *Principles of Economics* (Grove City, Penn.: Libertarian Press, 1994), pp. 149-165.

简单生产方式，那么这些预期同样也可以形成一个谢林点，即生产者进行简单生产，消费者进行消费。[8]所以，凯恩斯说，预期可能决定经济是否朝着潜在状态发展。

第5和第6条描述的是协调失败的情况。在这两条中，其中一方选择的战略和对方的战略是不协调的，他们的收益会变得很糟。对协调失败的恐惧使得双方都无法达到潜在均衡状态。

这个例子在三个方面过于简化，其中第一个方面我们已经非常熟悉了。

(1) 这个例子中只包括两个参与者，但在现实中包括众多消费者和生产者。

(2) 每个消费者可以选择多个消费水平。事实上，消费者可以随意进行储蓄。类似地，生产者也可以有很多种迂回生产方式可供选择，它们有着不同的投资要求和收益。

(3) 在这个例子中，贷款和股票市场被忽略了。这个市场可以在一定程度上解决协调问题。举个例子，如果生产者选择迂回生产并且消费者选择消费，那么可贷资本和股票就会供不应求，贷款利率就会上升。[9]这又会使得生产者缩减迂回生产的规模，直到迂回生产所需的资本的供需达到均衡。但是，预期也会影响资本供求的均衡。如果消费者预期生产者会选择简单生产方式，那么对于消费者来说最佳选择就是消费。此时，资本的供需都会比较低，结果就是造成了一个和其他潜在的均衡相比，更低效的均衡水平，就好像表11-5左上方的格子所表示的那样。

教科书里的凯恩斯模型[10]可以被认为是一个有N个投资方和M个消费者/储户的$N+M$人的协调博弈。对于投资方来说，状态变量是利率（或股票收益率）。对于消费者来说，状态变量是收入。投资方和消费者各自选择相对于其状态变量来说的最佳反应战略，形成的收入–消费均衡，就是一个$N+M$人博弈的纳什均衡。

11.7 假设的利弊

以简化研究为目的的假设，是帮助我们思考问题的有力工具，我们在使用它们的时候必须很谨慎。代表性经济人假设和状态变量都来自于经济学，主要是经济学中的供需理论。但供需理论似乎更适合对市场进行研究，而不是其他方面。由于这些假设，供需理论受到了质疑。博弈论最初的目的之一就是要避免使用这些简化假设，因为决策者不能依赖任何诸如市场价格之类的状态变量，在某些情况下，竞争者的数量较少时，决策者还必须考虑到竞争对手对自己决策的具体反应。批评者可能会问："如果我们在处理那些有多个参与者的博弈时必须使用这些简化假设，应该怎么办？"

为了回答这一问题，涌现出了许多与之相抗衡的理论，比如供需理论和凯恩斯理论。它们同样可以按照含有代表性经济人和状态变量的纳什均衡加以理解。通过以上这些例子，我们可以看出，供需理论和凯恩斯模型其实就是纳什均衡这一基本概念的不同应用。一位杰出的经济学家曾经将经济学定义为"对市场出清中最大化含义的研究"。市场出清是供需均衡的另一种说法。这一定义涵盖了一条基本原则，即代表性经济人只需要知道价格就可以进行战略选择。

事实上，现实世界中有些市场并没有出清，比如说宏观经济学里的劳务市场或者只有少数

8 这一点见Paul Rosenstein-Rodan, "Problems of Industrialization of Eastern and South-Eastern Europe," *Economic Journal* 53 (June-Sept. 1943) pp. 202-211. Rosenstein-Rodan直观地讲述过在N个不同产业中生产者的协调问题。

9 同样，股票的价格会下降，从而提高股票的回报率。在宏观经济中，传统的做法是将重点放到利息率（即迂回生产的资本价格）上。

10 例如，Baumol and Blinder, *Economics, Principles and Policy*, 8th ed. (New York: Harcourt, 1999), p. 556.

PDG

卖方的市场（在微观经济学中，经济学家称之为寡头垄断市场）。如果经济学只研究市场出清，那么经济学家的工作对于现实中的经济问题将是毫无用处的，他们必须走进现实，就像社会学家所做的那样！但是当我们发现可以将供需平衡看做一种最基本的纳什均衡时，我们就可以很容易地将上述原则应用到模拟一个有不同状态变量的均衡上，就像在凯恩斯模型里所做的那样。或者，我们也可以放弃简化假设后分析寡头垄断行业里个别企业的价格战略，我们在之前的章节里就是这样做的。

博弈论是一系列针对不同工作的工具组合。我们不应该固定某个原则，从而选择一个不适合工作的工具，我们应该谨慎使用我们的工具！

小结

现实世界中的许多重要博弈都含有三个以上的代表性经济人，有时候代表性经济人的数目会更多。如果每个代表性经济人在进行战略选择的时候都会考虑其他人的战略的话，就像我们在前面章节中设想的那样，那么代表性经济人和战略的组合数目就会远远超过代表性经济人的数目。这对代表性经济人是一个问题，对博弈理论研究者来说问题更大。

为了理解和分析这些复杂的博弈，许多博弈论学者已经发现制定简化假设的必要性了。第一种简化假设是关于单变量的假设。博弈中存在一些变量，将这些变量加以汇总就可以描述博弈的状态。代表性经济人只需要知道一个变量值或者几个变量值，就可以选择出最佳反应战略。用一个博弈研究中随时间演变的常见词汇，我们可以将描述博弈状态的变量称为状态变量，现在这个术语的使用范围比以往更广泛了。

另一个很有用的简化假设是，对于相同的战略和相同的状态变量值，代表性经济人有相同的收益。对于代表性经济人群体来说，我们必须给出最终的惟一的决策方案。同时，假定只有少数几种类型的代表性经济人存在，并且他们有着不同的信息、偏好以及机会。这种假设可能并不完全正确，但和针对数以百万计的不同代表性经济人进行一一分析比起来，这将会简化我们的研究。

我们可以把对社会两难的分析延伸到交通堵塞和公地悲剧上，在这些问题上相互作用的人可能达到几百万。基于这两种简化假设，我们就可以分析整个人群、鹰群和鸽群内部个体之间的相互作用。我们发现，基础经济学教科书中的供需平衡和凯恩斯消费均衡，都可以看做是有几个状态变量和一种类型或多种类型的代表性经济人的纳什均衡的应用例证。

练习与讨论

11.1 专利博弈

A，B，C，D，E，F公司都在考虑进行一项研究项目，但这一项目的专利只可能给一个公司。第一个完成这一研究项目的公司将会得到专利。研究项目的费用是2.1亿美元。每个进行这一项目的公司都有同等的机会得到10亿−2.1亿 = 7.9亿美元的利润。那些进行这一项目的研究却没有获得专利的公司，将遭受2.1亿美元的损失。没有进行这一项目的公司收益是零。

博弈中的状态变量是进行该项目的公司的数量。每一个公司是否需要进行该研究项目，可以用排队博弈来解决这一问题，但要注意一点区别：在这个博弈里，那些不进行项目研究的公司的收益是确定的，收益为零，进行项目研究的公司的预期收益是不确定的。

(1) 计算状态变量从1～6时，所有进行项目研究的公司的预期收益。

(2) 多少公司进行项目研究可以达到均衡水平？

(3) 研究的净社会价值是1亿美元减去所有研究费用。在状态变量从1～6的变化过程中，投资的净社会价值如何变化？

(4) 当净社会价值最大化时，确定进行项目研究的公司数目。定义一个有效的情形，在这种情形下净社会价值达到最大化，对这个案例中均衡的效率进行评价。

(5) 经济学家罗伯特·弗兰克和菲利普·库克认为，只能由“获胜方”得到全部收益的竞争是无效率的，这将导致人们投入过多的资源到竞争中去。用题目中的例子评价一下这个观点。

11.2 有N个代表性经济人的公共物品提供博弈

考虑下面有N人的公共物品提供博弈。每个代表性经济人独立决定是否提供公共物品。假设$N > 10$，状态变量是数字M，代表提供公共物品的代表性经济人的数目。对于一个不提供公共物品的代表性经济人，他的收益是$1\ 000 + 100M$。对于提供公共物品的代表性经济人，其收益是$800 + 100M$，因为提供公共物品的成本是200。在坐标图中，以状态变量M为自变量，画出不提供公共物品的代表性经济人的收益曲线。在同一个坐标图中，再画出提供公共物品的代表性经济人的收益曲线。判断两条线是否交叉，如果交叉，在哪里交叉？总结纳什均衡中的状态变量M的特征。将博弈结果和囚徒困境进行比较。

11.3 消失的捕鱼业

韦林汉姆是一个渔港，那里的渔民和一些可能加入到渔民队伍里的人的数量是N，N可能是一个很大的数。在任意一天，都有M个（$M \leqslant N$）渔民开船去捕鱼。每条船每天可以收获$100/M$吨鱼。国际市场上鱼的价格是每吨100美元。每天开船出来的成本是200美元。每个代表性经济人每天都要在打鱼或者不打鱼之间选择。他们不打鱼的收益是零。M是这个问题的状态变量。当M变化时，一个渔民每天打鱼的收益如何变化？在坐标图上画出以状态变量M为自变量的打鱼者的收益函数曲线。在同一个图上画出不打鱼的人的收益曲线，判断它们是不是相交，如果相交，交点在哪里？总结纳什均衡中的状态变量M的特征。将结果和囚徒困境进行比较。

11.4 医疗实践

回忆一下第6章中的问题5。[11] 妇产科医生在考虑是同时提供助产和保健医疗服务还是只提供保健医疗服务。让我们把这个模型扩展到一个有N个妇产科医生的市场上去。假设$M \leqslant N$代表同时提供助产和保健医疗服务的医生数量，剩下的则是只提供保健医疗服务的医生。

提供保健医疗服务的总收益是Q，所以一个只提供保健医疗服务的医生的收益是Q/N。

提供助产服务的医生的收益是R，但是提供助产服务需要支付一个固定费用S，这是一周每天24小时随时候诊的成本。所以一个同时提供助产和妇科保健医疗服务的医生的净收益就是$Q/N + R/M - S$。

M是状态变量，假设Q为10000000，R为1000000，S为50000，N为50，一个同时提供助产和妇科保健医疗服务的医生的收益是怎样随着M变化而变化的？在坐标图上，以状态变量M为自变量，画出同时提供助产和妇科保健医疗服务的医生的收益函数曲线。再在同一个图上画出只提供妇科保健医疗服务的医生的收益函数曲线。判断这两条线是否相交，如果相交，交点在哪里？总结纳什均衡中的状态变量M的特征。将结果和囚徒困境进行比较。

11.5 网络阻塞

依据1997年7月25号的《费城调查者》(p. C1)的报道，网络阻塞可以看成是公地悲剧的一个实例。他们引用了AEROX PARC实验室的伯纳多·胡伯曼的研究，这一研究表明了在达到

---

11 感谢David Toub医生，我的博弈论课程中一个MBA学生，提供了这个非常好的例子。

或者接近使用高峰时，非预期的服务缓慢是网络使用中的公地悲剧。这里用一个含有5个参与人的博弈可以说明该问题。如表11-6所示，用户接入Nibbienet网的时间取决于用户人数。例如，如果有3个人使用网络，那么这3个人中的每个人都需要等10秒才能上线。

表11-6 使用Nibbienet网的用户收益表

使用者的数量	接入时间
0	0
1	0
2	5
3	10
4	50
5	95

每个Nibbienet用户的收益是100减去接入时间。不使用Nibbienet的用户收益是零。

这个博弈的战略是什么？参与者是代表性经济人吗？是不是存在状态变量？试解释。这个博弈里有没有占优均衡？如果有，是什么？它是不是有效率的？为什么？阐述这个博弈和囚徒困境的关系。

11.6 等级提高

将上面的博弈改写成一个有多个参与者的博弈。

11.7 群体博弈

重读一下第6章中的群体博弈，把它改写成有多个参与者的博弈。这个博弈中的战略是什么？参加者是不是代表性经济人？是不是存在状态变量？试进行解释。博弈里有没有占优均衡？有没有纳什均衡?如果有，是什么？均衡是有效率的吗？为什么？

11.8 多个比例博弈

像鹰鸽博弈一样，推与不推博弈（第4章）和开车博弈（第4章，练习4.3）也可以改写成有多个参与者的比例博弈。

指出每一个博弈中的状态变量。画图表示比例博弈，并讨论模型在博弈中的应用。

11.9 正确驾驶

在一些国家，要靠右侧行驶，然而在其他国家（如英国和日本）则习惯靠左侧行驶。用博弈论的专业术语解释这一现象。将这一现象变成一个两人博弈，博弈的谢林点是什么？再把它变成一个比例博弈并描述该现象。

第三部分

博弈的合作解

第12章　合作博弈的要素

第13章　核在经济学中的应用

PDG

第12章

合作博弈的要素

预备知识

- 为了更好地理解本章内容，你需要掌握第1~4章和第6章的知识。
- 本章主要概念：合作博弈、合作博弈解、联盟、旁支付、解的概念。

到目前为止，我们探讨的都是博弈的非合作解。我们还记得，在常数和博弈中，对于“什么才是理性的战略选择”这一问题，答案一般并不是惟一的，至少有两种。而且，由于对“理性”的不同界定，同一博弈问题的理性解往往有多个。不过，不管解的数量如何变化，至少都包括两种：一种是不考虑他人，只需最大化个人收益的非合作解；另一种是以整体收益最优为目标、参与者相互协调的合作解。当然，“整体收益最优”是一个含混概念，由于存在着不止一个的“整体收益最优”概念，博弈问题的合作解也可能有多个。

参与者无法协调相互之间战略选择的博弈叫做**非合作博弈**（noncooperative game），其得到的解为**非合作博弈解**（noncooperative solution）。在非合作博弈中，理性经济人需要解决的问题是：“当其他参与者会对自己的战略选择做出最优反应时，我的最优战略选择是什么？”

与之相反，参与者可以协调相互之间战略选择的博弈叫做**合作博弈**（cooperative game），得到的解为**合作博弈解**（cooperative solution）。合作博弈需要解决的问题是：“如果参与者的战略可以相互协调，什么样的战略选择才会带来整体最大收益呢？”下面，让我们举一个例子，看一下两者之间的区别有多么大。

12.1 自行车交易

日常生活中的商品买卖大多属于合作博弈，因而，人们几乎每天都将遇到合作博弈问题。下面是一个双人交易的例子。乔伊有一辆自行车，但身无分文，他给自己车子估计的货币价

值是80美元[1]。米奇有100美元，没有自行车，他认为一台自行车值100美元[2]。可供两人选择的战略是出让或保留。也就是说，乔伊可以将自行车卖给米奇，也可以不卖；而米奇可用手中任意数量的美元交换自行车，或者一分不给。假设乔伊把自行车卖给米奇，米奇支付90美元，则得到表12-1所示的收益矩阵。

表12-1 自行车博弈的收益

		乔伊	
		出让	保留
米奇	出让	110, 90	10, 170
	保留	200, 0	100, 80

在矩阵左上方的战略组合中，米奇得到其认为价值100美元的自行车，加上手里余下的10美元，收益为110美元；而乔伊用自行车交换来的80美元买了一台游戏机，手里也剩下10美元，共计90美元。在左下方，米奇得到自行车，手里还有100美元；右上方，乔伊得到了价值都为80美元的游戏机和自行车，还有10美元，米奇手里就只剩10美元。最后一种战略选择在右下方，两人没有进行交易，与初始状态相同——米奇与乔伊分别拥有100美元和一辆自行车。

如果把该问题看做非合作博弈，其结果与囚徒困境十分类似。对两人来说，“保留”将是占优战略，（保留，保留）是占优战略均衡，而（出让，出让）的战略组合可使双方获得更多收益。理性条件下，两个人都不会信任对方，失去获利机会。不过，市场中往往存在着能够促使买卖双方进行互利交易的机构，这样就可以得到我们所期望的合作博弈解，即收益矩阵左上方的选择。

当乔伊和米奇对交易问题达成一致时，他们就结成了联盟，将协调各自的战略，视（出让，出让）为联盟的统一决策。因此，自行车交易不再是非合作博弈，而变成了合作博弈问题，自行车从估价低的人手里转移到了估价高的人手里，商品交换使双方收益都增加了。

由于买卖总需要强制性的协议，因此，在非合作博弈的世界里，是不会存在商品买卖行为的。

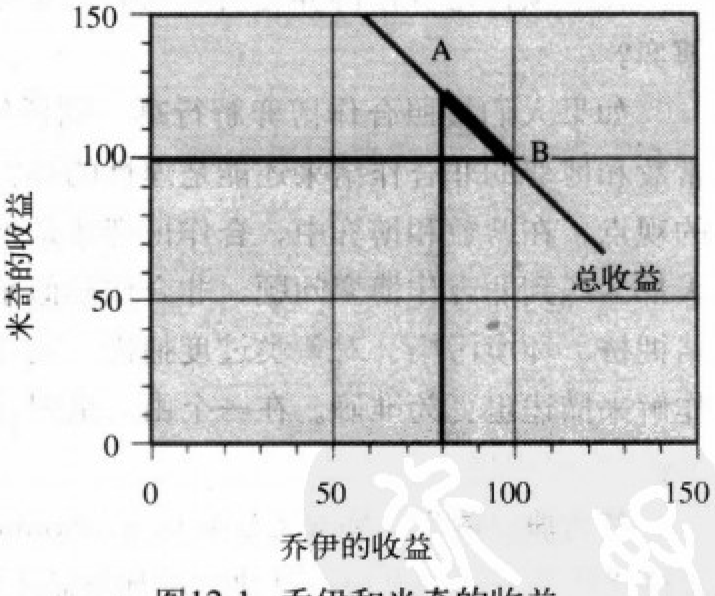


图12-1 乔伊和米奇的收益

然而，在合作博弈中，买卖双方的转让支付是与协议联系在一起的，这种支付叫做**旁支付**（side payment）。该术语来源于赌博。在扑克游戏里，若某个参与者事先给另外一个参与者一定的报酬，让其配合自己来虚张声势或者沉默不语，就构成了欺骗。扑克游戏规则是不允许私下交易（旁支付）的，但商品交换不是打扑克，旁支付是其不可缺少的一部分。

前面的表12-1并不是故事的全部，把自行车价格定在90美元只是其中一种情况，其价格可以升高或降低，那么价格定为多少合适呢？图12-1阐明了限定条件，乔伊和米奇的收益分别

1 在经济学中，商品的货币价值与替代品有关。例如，乔伊出让自行车得到的货币数量，一定要足以购买他认为比自行车更有价值的商品。如果乔伊更想得到一台游戏机，而游戏机的价格是80美元，则我们可以说乔伊认为自行车价值是80美元。

2 相对于其他商品，米奇宁愿用手中的100美元购买一辆自行车。根据脚注1的解释方法，我们可以说米奇心中自行车的价值是100美元。

用横轴和纵轴表示。首先，在不考虑旁支付的条件下，由于乔伊的自行车价值（在米奇眼中的价值）加上米奇手里的美元共为200美元，所以，二人收益之和最多为200美元，用向右下方倾斜的直线表示。不过对两个男孩来说，并不是直线上的所有点都可以接受。80美元是乔伊非合作博弈均衡得到的收益，他可以拒绝加入联盟（拒绝交易）而至少得到80美元，图中由通过横坐标为80的垂线表示，这样乔伊只会考虑该直线右侧的选择。类似地，100美元是米奇的最差收益（只要保留100美元即可），他不会接受任何收益少于100美元的战略，由通过纵坐标为100的水平直线表示，米奇只会考虑该直线上方的选择。这样，两个男孩的收益必然落在A点和B点之间的粗线上。

粗线部分满足上述限制条件：收益之和为200，且每个男孩至少获得不进行商品交换就能得到的收益。从这种角度来说，粗线上的所有点都是合作博弈的可行解。冯·诺伊曼和摩根斯坦称博弈问题的这种合作博弈解为**解集**（solution set），即允许旁支付的情况下，在保证每个参与者至少获得非合作博弈收益的基础上，使总收益达到最大值的所有合作联盟。不过，解集还涉及其他一些问题，如怎样才能尽量缩小可行解的范围，等等。一般来说，可行解的范围受以下几个因素的影响：

- 来自其他潜在交易者的竞争压力
- 公平性
- 讨价还价能力

对于竞争压力，我们需要把竞争者看做大型的多人合作博弈的参与方，这就是本章后面将要深入探讨的问题。

12.2 可信的承诺

在继续讨论合作博弈之前，我们需要考虑一个基本的问题，即到底为什么要研究非合作博弈？

如果人们按照合作博弈解行事，则任何常数和博弈理论上都可转化为双赢博弈。那么，常数和博弈的非合作结果还能是理性的吗？表面上看，答案是否定的。按照一些博弈论学者的观点，在常数和博弈中，合作博弈才是惟一理性的结果。然而，实际的情况却是，我们每天都会遇到非合作博弈问题，非合作解似乎才是现实当中常数和博弈的写照。军备竞赛、道路拥挤、环境污染、对鱼类过度捕捞、通货膨胀在内的许多社会问题，用常数和博弈的非合作解来描述也更为准确。在一个由完全理性的决策者构成的世界里，为什么会出现这么多不理性的行为呢？

新古典经济学（New Classical economics）以通货膨胀为例，给出了问题的答案。新古典经济学认为，当中央银行过快地增加流通中的货币数量时，会产生通货膨胀，解决通货膨胀的方法一般是降低货币的发行速度，或者停止增发货币。如果中央银行承诺要抑制通货膨胀，商家们也都相信中央银行的承诺，那么通货膨胀很快就将消失，且不会带来经济衰退（根据新古典经济学可知）。但在政治世界里，中央银行很难真地采取措施消除通货膨胀。如果它减少经济当中的货币供给，就会导致长期失业、利率上升、经济萧条和企业破产等一系列灾难性的后果。由于消除通货膨胀的成本非常高，因此，中央银行做出的消除通货膨胀的承诺是不可信的，人们也知道这一点。可以看出，通货膨胀之所以难以消除，根源在于中央银行无法对抑制通货膨胀的战略做出可信的承诺。

显然，中央银行与商家之间的关系属于常数和博弈，博弈的非合作解就是经济萧条。据此，可以得出如下结论：当参与者不能对合作战略做出可信承诺时，将产生非合作博弈解。显然，无法做出可信承诺是人类交往中经常遇到的难题。

不过，有些时候，人们能够做出可信的承诺。于是，合作博弈理论就派上了用场。

自行车交易是双人博弈，只有一个联盟。大多数两人以上参与的合作博弈都没有整体性的联盟，而是存在着多个由两人或多人组成的小联盟。其实，就像我们在第6章看到的那样，三人或三人以上的非合作博弈也有联盟，只是由于缺乏可信的承诺，我们只能看到纳什均衡式的联盟。本章余下部分将假定存在可信承诺，分析更加复杂的情况。下面是一个包括三名参与者和一个局外人的房地产案例，局外人是一个企业家，他想让部分参与者结成联盟，但自己并不参加博弈。

12.3 房地产开发

杰伊是一个房地产开发商，他希望把两块或更多的地产聚集在一起联合开发。凯、劳拉和马克各有一块地产，分别以K、L、M表示。杰伊希望这三人能够以某种方式稳定地合并。学习过博弈论的杰伊发现，地产合并就是合作博弈中的联盟，他提议的合并方式需要存在于这个博弈的解集中。然而，这就足够了吗？为了回答这一问题，杰伊详细列出了地产所有者们可能组成的各种联盟形式以及相应的收益，见表12-2。

表12-2中每一行都代表一种可能的**联盟结构**（coalition structure）。第一行是三个地产所有者组成一个联盟的情形，在博弈论术语中，叫做**大联盟**（grand coalition）。第二、三、四行为其中两人组成一个联盟，另一人单独行事。最后一行，三个地产所有者各自形成**单人联盟**（singleton coalition），换句话说，就是根本没有结成联盟。经济学家把单人联盟的收益作为地产所有者参加任何其他联盟的机会成本。

表12-2 房地产联盟的收益（1）

	联盟	收益
1	(KLM)	(10)
2	(KL) (M)	(6) (4)
3	(KM) (L)	(4) (4)
4	(LM) (K)	(4) (4)
5	(K) (L) (M)	(3) (3) (3)

可以看出，该博弈问题的解集包括两种可能的联盟结构，一个是大联盟（KLM），另一个是第二行的（KL）（M），总收益均为10，多于其他选择。在大联盟中，马克可选择退出联盟，演变成第二行的形式，获得的收益为4。类似地，劳拉和凯也可以分别选择退出。那么，为了保证三人联合在一起，必须使每个人的收益都至少为4，但实际情况是总收益最多只有10，因而大联盟是不稳定的。

然而，如果凯和劳拉的支付能够通过旁支付进行正确调整的话，第二行的联盟结构会是稳定的。第5行告诉我们，如果凯和劳拉都从这个联盟中退出，得到的收益分别为3，要想使二人参加这个联盟，必须满足他们对收益的这一最低要求，总计为3+3=6。由于二人结盟的总收益刚好也为6，因此，若通过旁支付使凯和劳拉每人分得3，马克一个人得4，这一联盟将保持稳定。

在第二行中，由凯、劳拉和马克三人构成的群体被分成了两个稳定的联盟，我们称其为该博弈的**核**（core）。通常说来，合作博弈的核包括所有能使联盟保持稳定的结盟方式，在这种

结盟状态下，任何参与者都不会因脱离现有联盟组成新的联盟（包括单人联盟）而获益。

下面，让我们对收益矩阵稍作改动，看一下情况会发生什么变化。在一个新的地产合并项目中，乔伊面对的是诺琳、皮特和昆西，分别以N、P、Q代表，收益情况见表12-3。

表12-3 房地产联盟的收益（2）

	联盟	收益
1	(NPQ)	(11)
2	(NP) (Q)	(8) (3)
3	(NQ) (M)	(4) (3)
4	(PQ) (N)	(4) (3)
5	(N) (P) (Q)	(3) (3) (3)

与上例一样，前两种联盟结构的总收益均为11，构成了解集。同样，如果收益低于3，没有人会愿意与他人结成联盟。如果旁支付适当，第二行的联盟结构是稳定的。若大联盟中N、P、Q的收益分别为（4、4、3），则第一行也是稳定的，因为退出联盟不会使任何一个人的收益得到改善。当然，这里需要对收益分配追加一些限制。在大联盟中，如果N、P、Q的收益是（3.5、3.5、4），那么诺琳和皮特可以退出大联盟，组建（NP）联盟，得到总收益8，然后两人平分收益，每人各得到4。其实，只要保持昆西的收益为3，诺琳与皮特的收益值和为8，且（NP）收益在（3, 5）至（5, 3）之间，大联盟就将保持稳定。所以，前两行的联盟结构是稳定的，构成了这个博弈的核——所有稳定的联盟结构的集合。

详细解读
A Closer Look

存在旁支付的博弈中，解集由所有能够带来最大收益的协调战略组成。换句话说，若选择其他战略，通过适当调整收益的分配，可在不损害其他任何人收益的情况下增加某些人的收益，所以其他战略选择是缺乏效率的。解集是全部有效（帕累托最优）联盟结构与收益分配方式的集合，参与者们至少能够获得非合作博弈下的收益。解集是一个带有普遍意义的概念，适用于所有合作博弈问题，无论是否存在旁支付。

当然，上述观点背后隐含着自利的理性参与者不会选择缺乏效率的战略的假设。如果不损害他人利益就可以增加某些人的收益，参与者会选择改变战略。

由上述例子可总结出合作博弈分析的一些要点：

首先，我们没有对联盟的具体战略予以过多说明，而是把分析重点放在收益不同的联盟形式的选择上，这是合作博弈理论的通用分析方法。我们不必关心地产所有者联合以后是建造大厅、住宅，还是工业园区，只需要知道哪些联盟结构是博弈的核就足够了。

其次，博弈的核通常包含在解集中。在地产博弈的前一个例子中，核是解集的一部分；而在后一个例子中，核与解集完全相同。

最后，在上面两个例子中，收益是用货币来衡量的。联盟的成员用支付货币的方式弥补参与者放弃单人联盟（或其他联盟形式）的损失，此种货币支付叫做旁支付。在非合作博弈的世界里，不可能发生商品买卖行为，因为买卖总要求双方达成一个强制性的合约，并按照合约进行支付。

以是否与货币联系在一起为标准，可以把合作博弈分为存在**转移效用**（transferable utility）和不存在转移效用两类。如果存在转移效用，参与者的主观收益就与货币的多少紧密地结合在一起，可以通过货币转移调整参与者之间的收益[3]。在继续介绍不存在转移效用的合作博弈的

3 该术语来源于冯·诺伊曼和摩根斯坦的《博弈论与经济行为》一书。

例子之前，有必要先了解一些合作博弈的有关术语。

12.4 解集

博弈论创立之初，冯·诺伊曼和摩根斯坦引用了新古典经济学中效率的概念，认为合作博弈的解必须是**有效率**（efficient）的。

在新古典经济学中，效率的概念应用于收入、消费、分工和支付等资源优化配置的方方面面。在博弈论中，不同联盟的成员经过贿赂、旁支付和金钱交易之后的所得，也被称做一种配置，包括两个方面：联盟结构和联盟成员的收益。如果在不损害别人利益的条件下，无法通过资源和收入的重新分配增加某些人的收益，则此时的配置就是有效率的。为了便于理解，可以这样想：如果不必使其他人遭受损失就可以增加某人的收益，说明组织还存在着未挖掘的配置潜力。除非所有的潜力都被挖掘出来，否则资源配置就是缺乏效率的。有效配置意味着博弈的所有潜力都已被挖掘，如果想使某些人变得更好，就不得不损害其他人的利益，经济学称这种资源配置状态为**帕累托最优**（Pareto optimum）。

许多情况下，有效配置不止一种，这应当不足为奇。例如，假定让保罗变得更好的办法仅有一个，即强迫彼得向保罗进行支付，那么存在着两种资源配置方案：一是保罗得到支付，一是彼得保留自己的资金。物品从一人转移到另一人手中，必然会使某一方的收益降低。（所以，我们才说“强迫彼得向保罗进行支付”。）然而，从效率观点来看，两种配置方案都是有效率的[4]。正是由于往往存在着两种或两种以上有效配置方案，博弈论才会出现解集的概念，即所有有效解的集合。我们已经看到，在自行车交易博弈中，（100, 100）至（80, 120）之间的所有收益分配方案组成了解集，它们都是有效率的，因为提高一个男孩收益的惟一办法就是增加他的旁支付，减少另一个男孩的收益。在第一个地产开发博弈中，非合作博弈的结果是每人得到的收益为3，总收益为9，而大联盟和（KL）（M）两种联盟结构的总收益均为10，比非合作的情况多出1个单位。因此，（4, 3, 3），（3.3, 3.3, 3.4）和（3.8, 3.1, 3.1）都是解集中的解。实际上，所有使每个地产商的收益不少于3，总收益为10的联盟结构都包含在解集中（尽管多数解并不是核）。

详细解读
A Closer Look

在地产开发博弈中，我们没有把开发商乔伊看做参与者，因为乔伊只是一个规划者，他的目标就是促成一个稳定的联盟，如果把他作为博弈的参与者，只会让博弈更加复杂，从三人博弈演变成四人博弈，而除了更加完整之外，我们不会从中得到其他的收益。事实上，理解合作博弈解的一种方式就是将它们看做规划者设计的蓝图，尤其是解集。由于规划者的首要目标是效率，因此肯定不会建议参与者组成一个缺乏经济效率的联盟。除有效解之外，合作博弈还有其他一些更注重公平的解的概念，可视为对联盟成员公平程度的一种规划。

12.5 核

解集暗含着以下观点：如果可增加某人的收益，同时任何其他人的收益又没有降低，则博

4 这种说法引出了经济效率的另一个观点：效率并不代表着满意，有效配置可能会产生令人十分不满意的结果。

弈者团体必定没有有效地协调他们的战略。此时，组建大联盟可以提高团体的总收益，实现有效率的解。但是，若团体当中的少数几个成员组建小联盟，采取单边行动改进其自身的收益，情况又会怎样呢？在第二个地产开发博弈中，N和P组建二人联盟可获得的总收益为8。对于联盟结构{(NQ) (P)}和{(PQ) (N)}来说，吸引第三人加入形成大联盟（NPQ）能够增加团体的总收益，因此可以说，相对于{(NQ) (P)}、{(PQ) (N)}和单人联盟{(N) (P) (Q)}，大联盟{(NPQ)}占优。而对于N与P的收益之和小于8的所有大联盟，联盟结构{(NP) (Q)}则占优。同理，在第一个地产开发博弈中，{(KML)}一方面占优于{(KM) (L)}、{(LM) (K)}和{(K) (L) (M)}，另一方面又被{(KL) (M)}所占优。

通常说来，**合作博弈的核**（core of a cooperative game）包含所有使团体中的任何成员都不能从联盟重组中获益的配置方案，按照上面的说法，核囊括了所有不被占优的配置方式。

需要指出，合作博弈的核的数量是任意的，可能只有一种联盟结构，也可能包括多种联盟结构，或者根本不存在核。什么叫做不存在核的联盟结构呢？就是没有稳定的联盟，不管联盟结构如何，总有部分成员会从退出联盟中获得收益。博弈论把不存在核的联盟结构的博弈问题叫做**空核博弈**（empty-core game），本章结尾将介绍空核博弈的例子。

12.6 顺风车

如图12-2所示，安娜、鲍勃、卡罗琳和唐就职于西费城大学（West Philadelphia University），每天上班要从费城西部郊区开车到学校。他们对合伙使用汽车（也叫做顺风车）上下班十分感兴趣，一来可以节省汽油，控制成本，二来可以减少亲自开车的次数，三来可以结伴而行。当然，顺风车也有一个缺点：四人住在郊区不同位置，相隔几公里，轮班司机必须多走很长一段路接送其他人。对卡罗琳来说，唐恰好住在她开往学校的沿途，接送唐不是什么问题。但是卡罗琳不想每天都开车，轮到唐接送卡罗琳时，他必须反方向行驶一段路程，再原路返回，相当于重复走了一遍到卡罗琳家的路程。类似地，若唐、鲍勃和安娜合伙使用汽车，鲍勃必须行驶6公里接唐，再转一大圈接安娜，耗费的路程更多。由于不同的路线给不同的成员带来的好处不同，因此，路线问题是顺风车设计的关键。

图12-2 西费城大学的班车路线示意图

我们可以把搭乘顺风车的人员组合看做合作博弈中的联盟，表12-4列出了可能的联盟结构和收益情况。第二列为联盟结构，如第三行安娜、鲍勃和唐结成联盟，卡罗琳独自开车上下班。第三列为联盟收益，个人收益的次序与第二列一致。注意，第三列中的数字代表的是负收益，表明每个人上下班的

路途消耗，这种消耗与以下四个因素正相关：（1）行驶的总路程；（2）单独驾车的路程；（3）驾车（开车接送别人）的路程；（4）汽油成本和汽车的耗损。另外，负向收益的值是用单独开车上班的公里数表示的，如在第三行中，安娜坐顺风车的主观消耗相当于独自驾车6.5公里，鲍勃为7公里，唐6.5公里，卡罗琳自己开车，主观消耗没有变化，为16公里。越小的数字意味着越大的收益，因而每个人都希望加入一个使自己消耗最小的联盟。该博弈问题不存在旁支付，主要基于下面两个原因：一是部分收益是主观的，难以区分货币支付与主观收益之间的对应比例；二是同事之间感情本来比较融洽，货币交易反而会破坏友好的气氛。由于不存在旁支付，顺风车就成为无转移效用（NTU）的博弈问题，我们不必考虑联盟总收益，只需分别考察每个人的收益情况。

表12-4 顺风车博弈的联盟结构和个人收益

路线	联盟结构	收益
1	(ABCD)	(7, 7, 7, 7)
2	(ABC) (D)	(6, 6.5, 9) (12)
3	(ABD) (C)	(6.5, 7, 6.5) (16)
4	(ACD) (B)	(8, 8, 7) (13)
5	(A) (BCD)	(7, 6.5, 6) (11)
6	(AB) (CD)	(8, 7) (7, 8)
7	(AC) (BD)	(9, 7) (8, 9)
8	(AD) (BC)	(7, 9) (8, 7)
9	(AB) (C) (D)	(8, 7) (16) (12)
10	(AC) (B) (D)	(9, 7) (13) (12)
11	(AD) (B) (C)	(7, 9) (13) (16)
12	(A) (B) (CD)	(11) (13) (7, 8)
13	(A) (C) (BD)	(11) (16) (8, 9)
14	(A) (D) (BC)	(11) (12) (8, 7)
15	(A) (B) (C) (D)	(11) (13) (16) (12)

如何比较无转移支付博弈中的联盟结构的优劣呢？以第1行和第4行为例，第4行向第1行的转换意味着鲍勃加入顺风车联盟，这将减少安娜、鲍勃和卡罗琳的消耗，唐收益不变，因此我们说第一行的联盟结构较第四行**弱占优**（weakly dominate），后者不稳定，不在解集内，更不会成为核。再比较一下第2行和第1行，由第2行向第1行的转换（唐加入联盟）使安娜和鲍勃遭受损失，主观消耗分别从6，6.5上升到7，因此二人不愿意接受这种变化，第2行的联盟结构是稳定的。

如何确定顺风车博弈的解集呢？我们知道，解集内的联盟结构应该满足两个条件：（1）有效率；（2）参与者至少能够获得单人联盟可以得到的收益。对于经济效率的判断，可使用帕累托标准：若没有人能够在不损害他人的前提下从联盟转换中获益，联盟结构就是有效率的。例如，与第13行相比，第1行中所有参与者的收益都增加了，因此，大联盟相对于第13行**强占优**（strongly dominate），后者是缺乏效率的，不属于解集。如果某联盟结构被弱占优或强占优，就可将其从解集中剔除。

上面是处理无转移效用合作博弈的一般方法，必须单独考虑联盟中的每个成员从联盟当中获得的收益。帕累托定律是这方面的一个典型例子。

分析到现在，顺风车问题的解集到底是什么呢？首先，第6行至15行的联盟结构被大联盟占优，从解集中剔除。同样道理，第4行也被剔除。余下的第1~3行和第5行符合帕累托效率标

准，构成了本例的解集。

小练习：将前4行的联盟结构两两对比，写出每一次转换中遭受损失的参与者的姓名。

对于核，仍旧可以利用**占优联盟**（coalition dominance）的标准进行分析，方法与帕累托原则类似，不同的是，我们只关心联盟个体成员的收益。假设联盟结构X中某些成员脱离原有联盟，重新组合，形成联盟结构Y，新联盟成员的收益都增加，或至少没有损失，则认为Y较X占优。核就是由所有不被占优的联盟结构组成的。例如，第7行A和B的主观消耗为9和8，分处两个不同的联盟，现二人合作，演变成第9行的联盟结构，主观消耗降为8和7，因此后者较前者占优，第7行不稳定。值得注意的是，由于C和D并不是新联盟的成员，所以二人收益减少并不影响上面的结论。事实上，第9行也是不稳定的，被第1~3行和第6行占优。

按照上面的推理方式，可以求得顺风车博弈的核：第2行和第5行的联盟结构。尽管大联盟具有整体优势，但是与第3行相比，向后者的转换会使A和D的收益增加，B不变；向第5行转换，C和D的收益增加，B不变，因此大联盟被二者占优，不是该博弈的核。

顺风车的例子说明了合作博弈分析的几个要点：

- 我们仍旧没有提及诸如行车路线、司机轮换顺序等具体战略，而是把分析重点放在了"联盟形式"上，比较各种联盟的收益，而忽略了与其相关的战略协调问题。
- 该例中，收益部分是主观的，与个人偏好有关，我们用相当于个人单独驾车的等价公里数表示。以第2行的联盟结构为例，对卡罗琳来说，结成（ABC）联盟等同于独自驾车9公里，因此，我们将卡罗琳加入（ABC）联盟的收益计为9。这种处理方法是经济学处理主观偏好的标准手段。
- "转移效用"是说主观收益与货币紧密地联系在一起，以至于可以用货币的转移调整参与者之间的收益。我们已经知道旁支付的含义，本例的个人收益是主观的，与货币无关，所以不存在旁支付。
- 如果一个联盟结构不稳定，它就会被其他的联盟结构所替代，因此它不是核。在此例中，要记住，第3行较第1行占优，反过来又被第2行占优。

12.7 一些政治联盟

博弈论中联盟的概念源于议会政治，下面介绍一下议会政治。英国、加拿大和德国是议会制度的代表，在这些国家里，除非得到议会的多数票支持，否则就不能组阁政府，或者在位政府不能继续执政。议会里通常有三个或三个以上的党派，为了组阁政府，议会中的部分党派必须结为联盟，获得议会中的绝对多数投票权，以投票支持某一共同的提案。如果没有联盟，将不会通过任何提案，不得不重新大选，这是议会政府的一般规则。

假定中欧共和国是一个拥有议会政府的典型国家，该国议会由三个实力强大的党派组成，见表12-5。

中欧议会政府的形成是一个合作博弈的过程，这里假定禁止腐败现象，排除了旁支付的可能性。联盟中的各个政党只有在本方议案通过后才能得到回报，每个政党都支持某些议案，对某些议案无所谓，而反对其他议案。在下届政府建立之前，各政党提出了四种政策方案，列在表12-6的第二列。右侧数字代表一个政党对议案的支持强度，以得分的点数计算，正数为支持，负数为反对，0表示中立。若某议案通过，其给政党带来的收益与支持的得分点数一致。

表12-5 中欧议会的政党

党派	投票权	立场
保守党（CC）	40%	该党派对道德和家庭问题十分保守，对经济问题态度比较温和，赞成有利于小型工商业和农业的政策
社会劳动党(SL)	40%	该党派赞成有利于劳动者的政策、提倡经济系统的中央集权，对道德与家庭问题态度中立
激进党（R）	20%	该党派支持市场自由化、限制政府权力、大力提倡家庭价值观和道德观的解放

表12-6 议案与政党支持情况

议案		政党的支持得分		
		CC	SL	R
1	自由贸易	+1	−3	+10
2	同性恋受社会安全保障	−10	0	+9
3	削减税收和医疗待遇	+3	−10	+8
4	对与进口产品竞争的农民和商人予以补贴[5]	+6	+3	−10

博弈的规则是，只有全体联盟成员都不明确反对的议案，联盟才会通过，也就是说，联盟各党派对某议案的收益均大于或等于0。例如，保守党和激进党组成的联盟会同意议案1和3：自由贸易、削减税收和医疗待遇。如果保守党和激进党联盟执政，保守党和激进党将分别得到收益4和18，社会劳动党将损失13。

表12-7列出了所有可能的联盟组合、收益以及议案通过的情况。可以看出，解集囊括了所有可能的联盟结构，即便是没有建立政府而需要重新大选的单人联盟也在解集内（任何重组都会使某些政党获益，某些政党损失）。这种现象一点也不奇怪，政治权力天平的变动总要使某些人失去权力，遭受损失。

表12-7 中欧议会的联盟和收益情况

联盟		通过的议案	党派与收益		
			CC	SL	R
1	(CC, SL, R)	0	0	0	0
2	(CC, R) (SL)	1, 3	4	−13	18
3	(SL, R) (CC)	2	−10	0	9
4	(CC, SL) (R)	4	6	3	−10
5	(CC) (SL) (R)	0	0	0	0

不过，在由任何一行向第4行的转换中，保守党和社会劳动党都可以从结成两党联盟和排除激进党中获益，因此只有第4行的联盟结构是核。社会劳动党与保守党能够联合的主要原因是二者在否决意见上基本达成了一致（在现实的议会政府中，保守党与社会劳动党联合的情况并不多见，但也不止一次出现过）。

5 补贴是政府为了支持个人或企业发展而直接支付给他们的补助。从世界范围来看，对出口或处于进口竞争的农业和商业实施补贴是非常普遍的现象。

尽管不允许旁支付，我们仍然可以界定解集与核。解集是全部有效联盟结构的集合，在有效联盟结构中，没有人能够在不损害他人的情况下从联盟重组中获益。对于不存在转移效用和旁支付的博弈问题，受益者无法找到补偿损失者的途径，因而解集的范围相对更广。核是解集中不被占优的联盟结构，在确定不同联盟结构的占优关系时，我们必须对每个参与者的收益分别进行比较，而不必考虑联盟总收益。

现在让我们分析一下国际政治的博弈问题。

12.8 国际联盟博弈

在第6章里，联盟的概念是由国际联盟引出的，并以毗邻同一海湾的三个国家间的博弈为例进行了说明，表12-8列出了三个国家的战略选择和收益情况。

表12-8 海湾国家的收益

		乌特兰			
		陆地上		近海处	
		圣吉亚		圣吉亚	
		西	东	西	东
兰尼斯坦	北	6, 6, 6	7, 7, 1	7, 1, 7	0, 0, 0
	南	0, 0, 0	4, 4, 4	4, 4, 4	1, 7, 7

我们应将其看做是具有旁支付的博弈，还是不存在转移效用的博弈呢？在历史上，不同国家间的旁支付并不多见，但国与国相互资助的情况却时有发生，因此可把国际联盟看做存在转移效用的博弈问题。

该博弈的解集是什么呢？三个国家结成大联盟，分别选择北、西和陆地上的战略，是解集中惟一的联盟结构，总收益为最大值18。

因为大联盟是解集中的惟一联盟结构，且核常常包含在解集内，所以大联盟是惟一有可能成为核的联盟结构。那么，大联盟是稳定的吗？若兰尼斯坦和圣吉亚从大联盟中退出，并合作结盟，分别选择北和东，新联盟的收益将为14。因此，如果要将两国留在大联盟中，两国获得的收益至少要为14。同理，兰尼斯坦与乌特兰选择北和近海处，或者乌特兰与圣吉亚选择近海处和东，收益也为14。若用R、S、W分别代表三个国家得到的收益，则只有满足如下条件，大联盟才能成为该博弈的核：

$$R+S\geqslant 14$$
$$R+W\geqslant 14$$
$$S+W\geqslant 14$$

三个等式相加，得

$$R+S+R+W+S+W=2\,(R+S+W)\geqslant 3\times 14=42$$

即

$$R+S+W\geqslant 21$$

然而，大联盟的收益仅为18，小于21，不可能满足上面的不等式，因此，该博弈问题没有核。

国际联盟博弈是一个空核博弈。正因为如此，尽管历史上的联盟条约数不胜数，国与国之间取消军队或结成大联盟的情况却很少见。

第二个地产开发博弈有很多个核，本例却一个也没有，这反映了核概念的局限性。在博

弈论中，空核是一个重要的概念，它的存在告诉我们，联盟间的竞争不可能形成稳定的联盟结构。

小结

合作博弈是一种参与者通过制定可信或具有约束力的承诺，以协调相互之间战略选择的博弈，协调行为会极大地改变常数和博弈的结果。实际上，市场交易的每个环节都属于合作博弈。在买卖双方的合约中，卖方承担货物供给的成本，买方获得使用权，买方通过旁支付弥补卖方的成本损失，保证双方都在交易中获益，这就是协调战略。

本章介绍了合作博弈解的两个关键概念：一是解集，二是核。解集由全部有效率的战略组合与旁支付构成，旁支付能够保证每个参与者都不会因合作而降低收益。许多博弈问题里，解集往往包含多个有效解。核由不被占优的联盟结构组成，不被占优是指联盟成员无法因离开原有联盟，组建新联盟而获益。这一条件不仅限制了联盟结构，还限制了核中旁支付的范围。核必定包含在解集内，可能与解集相同，可能是解集的子集，也可能是空集。虽然对于很多博弈来说，核能够准确地预言参与者所选的联盟结构，但在有些博弈中，却根本不存在核。

尽管核与解集都没能为合作博弈提供最终答案，但它们却是分析合作博弈问题的重要手段。

练习与讨论

12.1　史前游戏

刚、莫戈与克三个部落成员计划远征捕猎，他们具有不同的技能：刚力大无比，莫戈迅速敏捷，帕克耐力持久。三人必须事先确定合作捕猎的人员组合，他们要决定，哪些人将合作，哪些人将单独捕猎。表12-9列出了不同组合的收益，由预期捕获的羚羊数目表示。假定这是一个允许旁支付，即存在转移效用的博弈问题。

解集是什么？哪些联盟结构是核？在（GMP）联盟中，按（3, 1, 1）的比例依次分配猎物是一个稳定的旁支付吗？为什么？（2, 2, 1）是稳定的吗？为什么？

12.2　信息系统选择博弈

下面是一个信息系统选择的双人博弈，参与者是一家需要铺设公司内部网络的公司和一家IT生产企业，分别为需求方和供给方。网络公司正在考虑是建立一个新型的内部电子邮件系统，还是内部局域网，两种战略选择分别是安装技术更加先进的系统和功能较少的稳定系统。假设这是一个存在转移效用的博弈，表12-10列出了参与者的收益情况。

表12-9　史前联盟

联盟	收益
(GMP)	(5)
(GM) (P)	(4) (0)
(GP) (M)	(3) (1)
(PM) (G)	(3) (0)
(G) (M) (P)	(2) (1) (1)

表12-10　IT博弈的收益

		需求方		
		先进	稳定	不交易
供给方	先进	−50, 90	0, 0	0, 0
	稳定	0, 0	−30, 40	0, 0
	不交易	0, 0	0, 0	0, 0

解集的总收益是多少？在解集中，两个参与者旁支付之后的收益各为多少？核与解集有所不同吗？为什么？

12.3 约翰·贝茨·克拉克博弈（A John Bates Clark Game）

就像日本经济学家指出的，商业企业可被看做是一种合作博弈。我们借用约翰·贝茨·克拉克的思想，假定有两类参与者：工人和企业家（克拉克还将资本家包括在内，为了简化，我们不考虑资本家），共有5名工人和2名企业家，工人可以像手工劳动者一样独立工作，但是，只有企业家有能力组织企业。企业可以从劳动分工中获益，工人的生产率提高，但也面临着企业家固定要素收益递减的问题。（在克拉克看来，企业家为工人提供了协调服务，若只有一个工人，就没有必要相互协调，也就不存在劳动分工）。我们把一家企业看做一个联盟，把工人单独工作看做单人联盟。已知：

- 工人单独工作获得收益10（手工生产）。
- 企业家单独工作获得收益0（没有东西可以协调）。
- 企业家与工人组成联盟的收益取决于工人的数量，而不是企业家的数量（见表12-11）。

由于工人之间，企业家之间是相似的，并可以互相替代的，所以只需考查一个联盟里不同工人数目之间的区别，而不必对所有联盟结构逐个分析。另外，由于第二个企业家不会给联盟增加任何额外的东西，因此可以忽略企业家数量多于两个的联盟。

(1) 列出该博弈的所有联盟结构。

(2) 阐述该博弈的核。

(3) 如果企业家不是两个，而是三个，第1、2题的结果有何变化？

12.4 抢座博弈

考虑一个三人博弈，阿尔、鲍勃和卡尔分别用A、B、C代表，表12-12列出了收益情况，顺序为鲍勃、卡尔和阿尔。分别用非合作博弈模式和存在转移效用的合作博弈模式进行分析。

表12-11 JBC博弈

工人数目	产量
1	11
2	33
3	45
4	50
5	50

表12-12 抢座博弈

		阿尔			
		上		下	
		卡尔		卡尔	
		上	下	上	下
鲍勃	上	3, 3, 3	5, 0, 5	5, 5, 0	12, 0, 0
	下	0, 5, 5	0, 0, 12	0, 12, 0	1, 1, 1

12.5 商业伙伴

吉娜、哈雷和劳拉对开办一家网站设计公司十分感兴趣，吉娜精通计算机技术，哈雷擅长图形制作，劳拉则是一个出色的销售员。

表12-13列出了三人组成各种联盟形式的收益情况。一个括号是一个联盟，如（HL）代表哈雷与劳拉合作，吉娜单独行事。第二列为联盟收益，顺序与左侧联盟次序一致。

表12-13 参与者的收益

(GHL)	(55)
(G) (HL)	(5) (35)
(H) (GL)	(5) (35)
(L) (GH)	(15)(30)
(G) (H) (L)	(20) (20) (5)

核是什么？在核中，吉娜、哈雷和劳拉的收益各为多少？为什么？

12.6 乐队博弈

艾米露·哈里斯（Emmylou Harris）的一首乡村歌曲唱道："如果想去得克萨斯演出，乐队中一定要有小提琴手。"乐队是一个联盟，要根据乐手的才能、演奏的乐器选择音乐风格和演出地点，这就是他们的战略。艾米露告诉了我们博弈规则：在得克萨斯，没有小提琴的乐队是不受欢迎的。

下面是对该问题的深入分析：乐队里10个音乐家演奏8种乐器，表12-14列出了乐器名称、每种乐器的演奏人数和乐器的代号。乐队可以在下述三个音乐品味不同的城市里表演：得克萨斯州的圣马柯斯，路易斯安那州的拉法叶和密苏里州的布兰森。当然，乐队有权利在乡村风格和非乡村风格中做出选择。所有音乐家组成的大联盟能够演奏任何风格的曲目，由于城镇之间的音乐品味不同，因此城镇的选择与音乐风格的选择成为联盟需要协调的战略。假定一个联盟总是选择给其带来最大收益的战略，并且任何城镇都允许多个乐队同时演出。表12-15是音乐风格、所需乐器和联盟收益的详细情况。

表12-14 乐队概况

人数	乐器	代号
2	吉他	G
2	鼓	D
1	班卓琴	Bj
1	男低音歌手	Bs
1	曼陀林琴	M
1	小提琴	F
1	手风琴	A
1	喇叭	H

表12-15 音乐风格、乐器组合、城镇选择与收益

风格	乐器	城镇选择与收益		
		圣马柯斯	拉法叶	布兰森
蓝草	BjMGF	1	1	1
古老乡村	BGF	3	1	1
现代乡村	GGFD	2	1	3
摇滚	GGBsD	0	1	2
峡谷	GAFD	0	3	2
爵士	GBsDH	0	2	0
互动	GGFDBjBsMAH	4	4	4

例如，蓝草乐队由班卓琴、曼陀林琴、吉他和小提琴组成（BjMGF），该乐队在每个城镇演出得到的收益都为1。实际上，每种风格对乐器的要求就是"博弈规则"，它限制了联盟的随意组合。

把该问题看做存在转移支付的博弈，试列举所有可能的联盟结构及其收益。求博弈的解集与核，并解释原因。

第13章

核在经济学中的应用

预备知识

- 为了更好地理解本章内容，你需要掌握1~4，6，11，12章的知识，同时经济理论背景也是十分必要的。
- 本章主要概念：市场均衡、核向市场均衡的收敛、空核博弈。

虽然合作博弈中核的概念可适用于任何领域，但受19世纪经济学家埃奇沃思（F. Y. Edgeworth）的影响，人们普遍认为，核的应用主要集中在经济学领域。为了便于读者理解，本章尽量不使用数学方法，主要依靠各种假设来简化问题。

13.1 市场博弈

经济学家们认为，竞争的加剧（市场中需求者与供给者数量的增加）会限制垄断势力，我们的市场博弈就是要论证这一观点。

下面用一个非常简单的数字例子说明核的概念以及竞争对核的影响。假定只有两种商品：小玩具和货币，并且人们的主观收益（效用）与货币直接相关，即一个人从拥有一件物品中获得的主观收益是以货币的数量来表示的。我们在成本收益分析中也是用货币来衡量一件物品带给人们的效用。这类模型都把货币视为“所有其他商品与服务”的代表，持有货币相当于购买“所有其他商品与服务”，本身就可以给人们带来效用。因此，小玩具给人们带来的效用就等于为了购买它而放弃的货币的数量。由于货币是可转移的，效用也就具有了可转移性。

表13-1 双人交易博弈的收益

杰夫			亚当		
小玩具		收益	小玩具		收益
	总收益	边际收益		总收益	边际收益
1	10	10	1	9	9
2	15	5	2	13	4
3	18	3	3	15	2
4	21	3	4	16	1
5	22	1	5	16	0

微观经济学的一些术语将有助于我们的分

析，学过微观经济学的读者对本部分内容可能会很熟悉。微观经济学通常用**效用**（utility）衡量人们从消费商品和服务中获得的收益，**边际效用**（marginal utility）（也称边际收益）就是商品或服务的消费量增加一个单位所引起的效用增量。如，小玩具的边际效用就是某人多拥有一个小玩具所获得的额外效用。在表13-1中，杰夫拥有两个小玩具的效用是15美元，三个是18美元，那么第三个小玩具的边际效用等于18−15 = 3美元。若杰夫又得到两个小玩具，效用增加到22，则第四个和第五个小玩具的边际效用就近似为MU = Δ效用/Δ玩具数量 = (22−18)/2 = 2。当我们假定效用对应于货币收益时，实际就是认为“所有其他商品与服务”的边际效用是不变的，这样以货币单位表示一种商品的效用，以边际收益代替边际效用就显得顺理成章了。

13.2 双人交易博弈的核

下面是一个只包括杰夫和亚当两个参与者的交易实例。起初，杰夫有5个小玩具，但身无分文；亚当有22美元，却没有小玩具。表13-1给出了两人对小玩具的收益函数。

表13-2 杰夫和亚当的总收益

	杰夫	亚当
小玩具	18	13
货币	6	16
总量	24	29

按照微观经济学原理，亚当对小玩具的需求曲线是其边际收益曲线，而杰夫对小玩具的供给曲线则是其边际成本曲线。在这个例子中，杰夫的成本属于**机会成本**（opportunity cost），即卖掉小玩具而放弃的收益，因此，在图13-1中，边际成本曲线是边际收益曲线的反转。**市场均衡**（market equilibrium）点位于$P = 3$，$Q = 2$处，即杰夫卖给亚当2个小玩具，得到6美元。两个交易者的总收益及分配情况见表13-2，在市场均衡点上，二人的总收益为53美元，其中杰夫的收益为24美元，亚当为29美元。

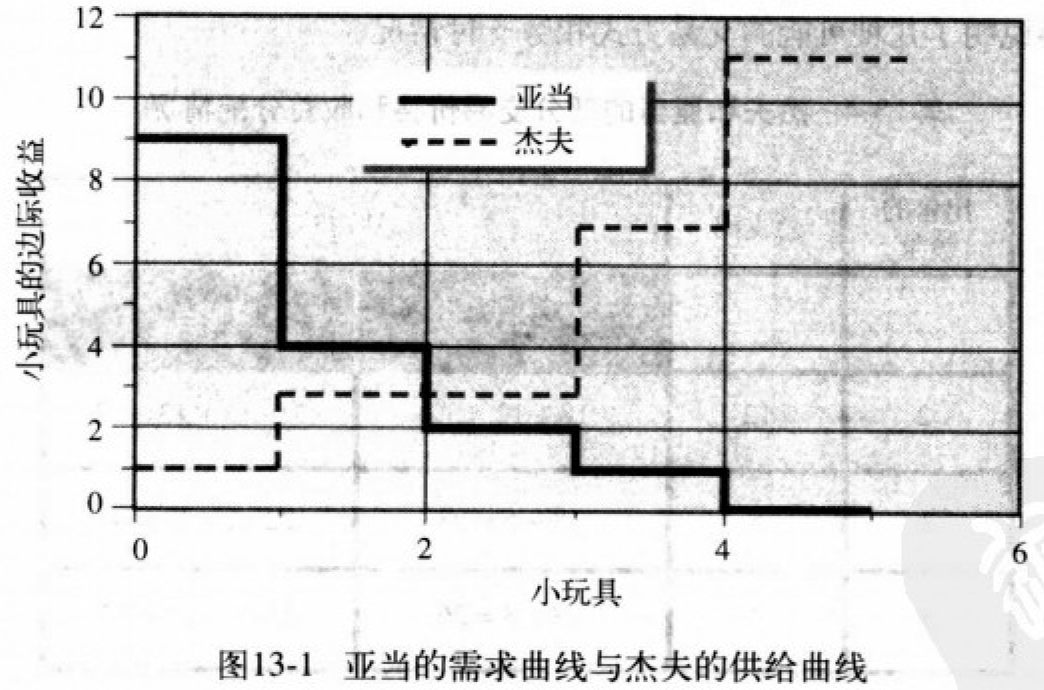


图13-1 亚当的需求曲线与杰夫的供给曲线

现在，让我们从核的角度分析这一问题。杰夫和亚当的可选战略都是单边转移：杰夫放弃0、1、2、3、4、5个小玩具，亚当放弃0~22美元之间任意数量的货币。显然，在非合作博弈条件下，双方都会选择“0”，交易不会发生。就联盟而言，有两种可能的联盟形式：（1）两人组成的大联盟；（2）两个独立的单人联盟。大联盟可能成为该博弈的合作解。事实上，合作解就是一对协调的战略：杰夫将一部分小玩具给亚当，亚当将一部分货币给杰夫。用更通俗的话说，就是一次市场交易。核所包括的协调战略应满足两个条件：（1）每个人都不会因单独行事

而获益；（2）其他的协调战略不会给两人带来更多的收益。

让我们考虑以下两种情形。第一，杰夫以10美元的价格向亚当出售1个小玩具，根据已知条件，亚当的边际收益只有9，不买小玩具对他来说更好，所以交易不会发生。第二，杰夫以5美元的价格卖给亚当一个小玩具，亚当的收益变为22－5 + 9 = 26，杰夫的收益变为5 + 21 = 26，双方都获利，总收益为52美元。更进一步，若杰夫以3.50美元再卖给亚当一个小玩具，收益还会增加至53美元，亚当得到13 + 22－8.50 = 26.50美元，杰夫得到18+8.50=26.50美元。因此，交易一个小玩具并不是最好的选择。事实上，核只包括一次交易，卖出的小玩具数量刚好是2个。

表13-3 由小玩具出售量决定的杰夫和亚当的收益

出售的数量	小玩具的收益		货币	总收益
	杰夫	亚当		
0	22	0	22	44
1	21	9	22	52
2	18	13	22	53
3	15	15	22	52
4	10	16	22	48
5	0	16	22	38

我们还记得，核一定包含于解集内，要想得到核，必须先找出解集。由于本例存在转移效用，如果一次交易没有使亚当和杰夫的收益之和达到最大，那么二人就会转向其他的交易，在以货币的形式平分收益增量之后，每个人的境况都会得到改善。所以，只有使杰夫和亚当收益之和最大的交易方式才属于解集。同时，根据上面核的条件，不能实现收益最大化的交易也无法满足条件（2）。由表13-3可知，交易2个单位可使总收益最大。

但是，我们还不清楚小玩具的具体交易价格。由于双方都是垄断者，拥有制定价格的权利，因此，交易价格不一定非要等于完全竞争价格3美元。表13-4说明了几种可能的交易方式和旁支付情况。

表13-4 杰夫和亚当的部分交易价格和收益分配情况

出售的数量	总支出	总收益	
		杰夫	亚当
2	12	18 + 12 = 30	22－12 + 13 = 23
2	5	18 + 5 = 23	22－5 + 13 =30
2	8	18 + 8 = 26	22－8 + 13 = 27

除了收益分配有所差别以外，三种交易方式拥有一个共同点：总收益均为53，且每个人的收益都大于不进行交易的水平22，因此它们都是核。

显然，这个双人博弈的核包括一系列交易方式，用图形表示会更加清晰。在如图13-2中，设横轴为杰夫的收益，纵轴为亚当的收益，根据上面的分析可知，线段 $\overline{ab}$ 为核。若用代数方法表示，$\overline{ab}$ 的方程可写作 $BA = 53 - BJ$（其中 BA 为“亚当的收益”，BJ 为“杰夫的收益”），限制条件为 $BA \geqslant 22$，$BJ \geqslant 22$，市场的竞争均衡点位于 C。

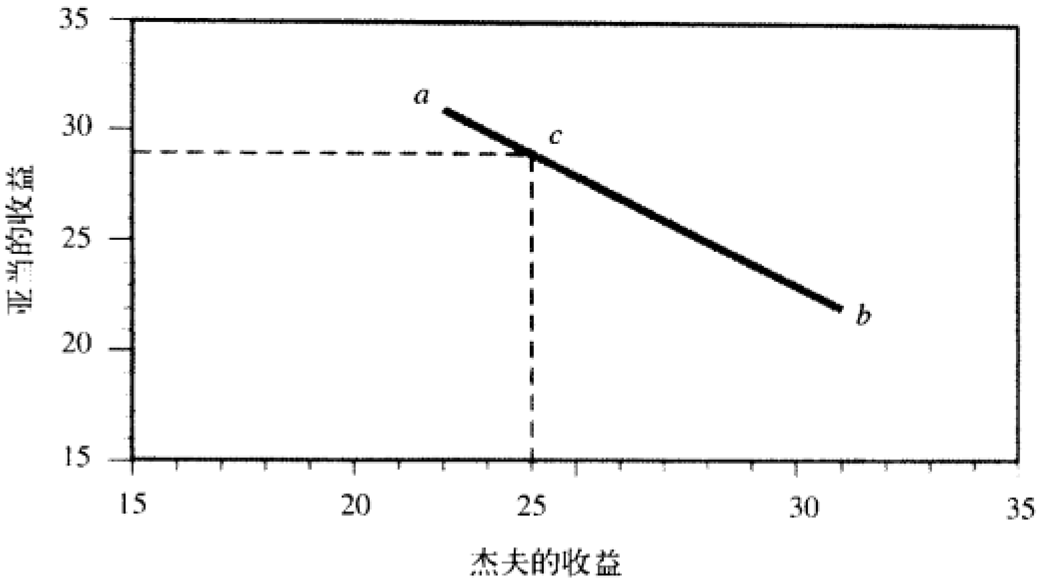


图13-2　杰夫和亚当净收益的限制条件

核数量较多是一个难题，合作博弈终究需要一个可行的核，我们应该选择哪一个呢？对于这一双人博弈来说，没有确切的答案。尽管C点给了我们一个供给–需求方法下的确定解，但是根据供求原理，只有当市场上有很多买方和卖方时才会达到这个均衡，而本例却是双边垄断，买方和卖方都只有一个。看起来这就是问题的症结所在了，为什么会有那么多的核呢？因为买卖双方的人数太少。

13.3　多人交易的核

如果允许买卖双方人数随意增加，结果会如何呢？为了简化问题，假定参加交易的只有两类人，一类与杰夫相同，有5个小玩具，代号为“杰夫”；另一类与亚当相同，有22美元，代号为“亚当”，效用函数不变。现在我们考虑买卖双方人数相等的条件下，随着交易人数的扩大，博弈问题核的变化情况。

若只有两个“杰夫”和两个“亚当”，四人会组成什么样的联盟结构呢？当然，一种可能是一个“杰夫”与一个“亚当”分别合作，结成两组1对1的联盟。理论上，也可以两个“杰夫”组成一个联盟，两个“亚当”组成一个联盟，不过同类人之间不存在交易的可能性，没有分析的必要。再或者，两个“杰夫”与一个“亚当”合作，或两个“亚当”与一个“杰夫”合作。最后一种选择，四人结成大联盟。

通过下面的分析我们将知道：两人交易的核有多个，多人交易的核却相对较少。在双人博弈中，两个小玩具卖12美元属于核，但对于多人博弈，情况却发生了变化。当用12美元交换2个小玩具时，每一个亚当得到的收益都是23美元，每一个杰夫得到的收益均为30美元。假定一个“杰夫”与两个“亚当”联合，“杰夫”以7美元的价格分别卖给每个“亚当”各1个小玩具，结果“杰夫”的总收益变为18 + 7 + 7 = 32，每个“亚当”的收益变为15 + 9 = 24，三个联盟成员的收益都得到了改善，因此三人联盟较上面的双人联盟占优，两个小玩具卖12美元不属于四人博弈的核。不过，还剩一个“杰夫”，对他来说，加入三人联盟比做独行侠好得多。事实上，这个“杰夫”很可能会提议组建一个比上面的三人联盟更占优的联盟结构。因此，三人联盟也有可能不是该博弈的核。

图13-3说明了上述情况，线段$\overline{de}$代表三人联盟中“杰夫”和“亚当”（有两个）收益的不同组合。可以看出，$\overline{fb}$上任意点向$\overline{fe}$的移动都会使每个联盟成员的收益增加，因此，线段$\overline{fb}$上的所有联盟结构都被占优，不是四人博弈的核。

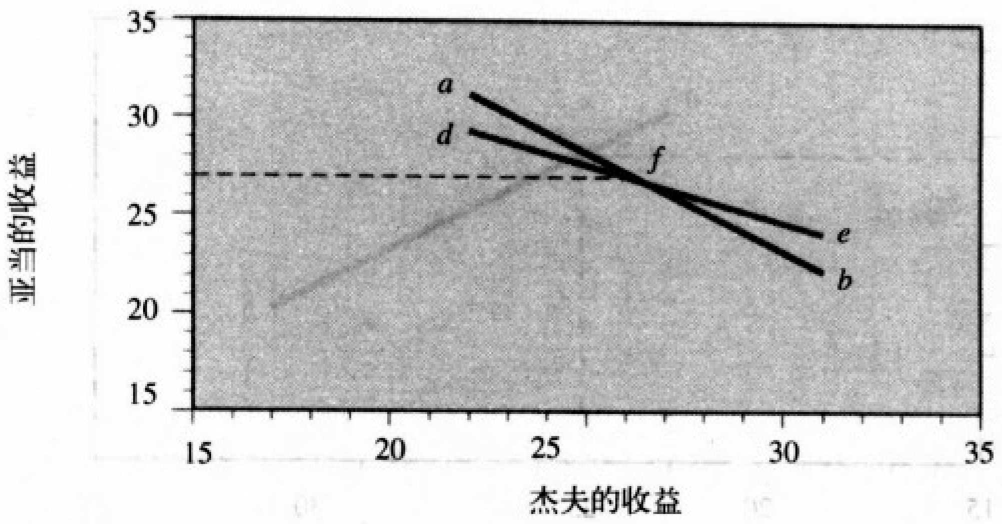


图13-3 四人博弈中杰夫和亚当收益的限制条件

再看另一个例子。在双人博弈中，两个小玩具卖5美元是核，杰夫和亚当分别得到23美元和30美元的收益。然而，这却不是四人博弈的核。假定一个“亚当”与两个“杰夫”合作，“亚当”以2.4美元从“杰夫”那里各买来一个小玩具，收益增加到30.20美元，每一个“杰夫”得到23.40美元的收益，三个参与者都获利。因此，一个“亚当”两个“杰夫”的联盟结构较两个小玩具卖5美元的双人联盟占优，后者不是四人博弈的核。图13-4说明了该过程，两个“杰夫”一个“亚当”的联盟收益由线段 $\overline{gj}$ 表示，线段 $\overline{ab}$ 上h点左侧部分被 $\overline{gh}$ 占优。把三条直线放在一起，线段 $\overline{ab}$ 上h点左侧和f点右侧部分被三人联盟占优，而在h与f之间，双人联盟较三人联盟占优（四人联盟与两个双人联盟类似，对博弈结果没有影响）。

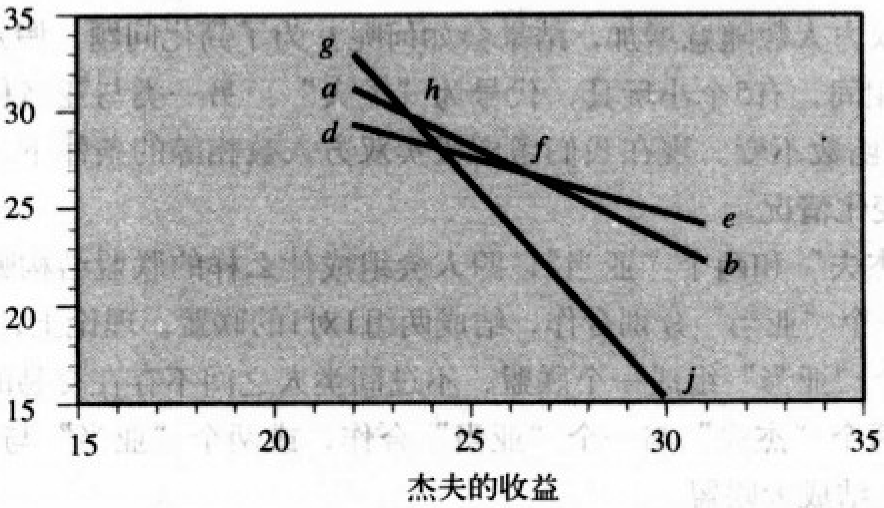


图13-4 四人博弈中更多的限制条件

至此可知，四人博弈的核为线段 $\overline{hf}$，限定条件是$BA \geqslant 27$，$BJ \geqslant 24$。实际上，四人博弈的核也是双人博弈的核，只是范围相对较小，原因在于前者要考察比后者更多的联盟结构，部分双人博弈的核被排除。能够看出，博弈问题的参与者越多，可组成的联盟就越多；联盟结构越多，核的范围就越小。

让我们更进一步，考察包括三个“杰夫”和三个“亚当”的六人博弈。我们将会看到，在四人博弈里，两个小玩具卖8美元的交易是核，但却不属于六人博弈的核。开始时的联盟结构是两个小玩具卖8美元，假定现在有人建议两个“杰夫”与三个“亚当”结成联盟[1]，每个“杰

1 联盟的扩大对此处分析起关键作用。在更加一般的模型中，允许小额交易和更加平滑的边际收益曲线，允许不存在转移效用的易货贸易。这些情况下，联盟规模可无限扩大，对于有限参与者的博弈，尽管核向竞争均衡逼近，但仍旧会包括很多不是竞争均衡的核。由此产生了这个模型的另一个重要假定：联盟规模没有限制，联盟形成没有成本。若存在限制和成本，研究结论将有很大不同。

夫”以3.80美元出售3个小玩具，每个“亚当”购买2个，结果见表13-5。

表13-5 联盟收益的对比

类型	原有联盟结构			新联盟结构		
	小玩具	美元	总收益	小玩具	美元	总收益
杰夫	4	8	26	3	11.4	26.4
亚当	2	14	27	2	14.4	27.4

比较表13-5，新联盟成员的收益都有所增加，(2-3）联盟较四人博弈中两个小玩具8美元的双边贸易占优，因此，后者并不是六人博弈的核。

那么，核到底是什么呢？观察图13-5，线段 $\overline{ab}$ 是双人博弈的核，$\overline{gj}$ 为2个“杰夫”与1个“亚当”联盟的收益线，$\overline{kl}$ 是2个“杰夫”与3个“亚当”联盟的收益线，三者相交于h点。在线段 $\overline{ab}$ 上，h以外的其他任意点都要被另外两条线段上的联盟结构所占优，所以，六人博弈的核只有一种联盟结构：点h，也就是竞争均衡！没有任何其他联盟会比它更稳定。

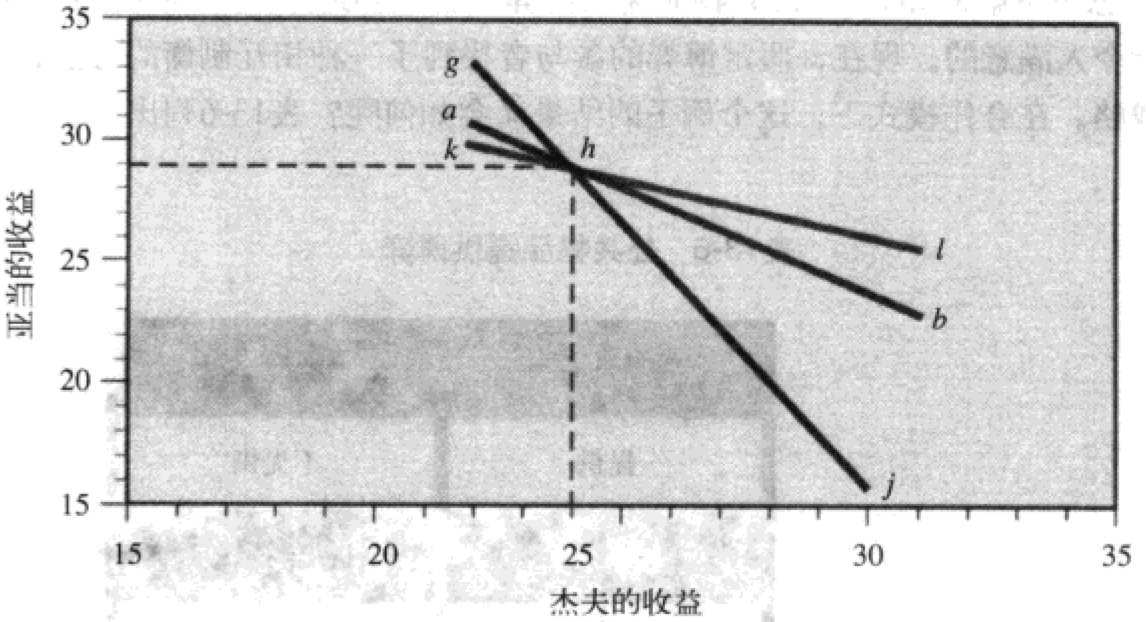


图13-5 六人博弈中收益的限制条件

如果把博弈人数扩展到8、10、100、1000，甚至100万个，核的结果不会改变。由此可以总结出商品交易博弈中核的一个重要结论：随着参与者人数的增加，博弈的核将逐渐逼近于竞争均衡点。相反，若参与者数量有限，往往得到多个核。本例假设参与者的交易数量只能为整数，简化了分析过程，使结果很快逼近到了竞争均衡解。我们可去掉存在转移效用的前提条件，认为效用与货币并不是同比例增加的，且放松参与者类型只有两种的限制，尽管如此，除了计算步骤稍显复杂以外，整体的结论还是一致的。

参与者的数量越多，所能组建的联盟的种类就越多，这些联盟中的一部分将占优于小博弈中的联盟。因此，博弈越大，核的数量越少。从这个意义上讲，是“竞争限制了垄断势力”。但是，在市场博弈中，由供给与需求决定的市场均衡点是惟一一种始终包含在核中的联盟结构。市场均衡点的特殊作用由此可见一斑。

详细解读
A Closer Look

合作与竞争

竞争条件下的供给与需求模型是合作模型，还是非合作模型？第10章和第11章把供求平衡看做非合作均衡。微观经济理论的传统观点是以拍卖市场思想为基础的，在理想的拍卖市场中，游戏规则是买卖双方非合作竞价，最终按照供求平衡的价格成交。以股票市场为代表的某些现实市场确实存在精确的竞拍过程，没有竞拍过程的市场也可近似地看做拍卖市场。任何情况下，拍卖市场的交易都是非合作的，有趣的是，这些非合作交易完成了潜在的复杂合作过程。如果现实中的市场真的像拍卖市场一样，那么非合作拍卖市场的均衡将得到与无限多个参与者的理想合作联盟相同的结果。

为什么要研究市场博弈的核呢？有两条原因：第一，多边合约（联盟）对现实市场的买卖非常重要；第二，市场博弈的合作模型可以帮助我们理解拥有多个买方和卖方的重要性。"竞争模型"属于传统假设，在非合作市场博弈中没有起到主导作用。无论是合作博弈，还是非合作博弈，都可以帮助我们理解现实中的竞争市场。

13.4 公共物品提供博弈的核

让我们回想一下第6章的三人公共物品提供博弈。我们知道，在这种社会两难问题中，非合作解是不能令人满意的。现在，假定博弈的参与者找到了一种相互制衡的方法，可以有效地协调他们的战略。在合作模式下，这个例子的结果又会如何呢？表13-6列出了各种战略组合的收益情况。

表13-6 公共物品提供博弈

		赖瑞			
		提供		不提供	
		卡尔		卡尔	
		提供	不提供	提供	不提供
杰克	提供	1.5, 1.5, 1.5	0.5, 2, 0.5	0.5, 0.5, 2	−0.5, 1, 1
	不提供	2, 0.5, 0.5	1, 1, −0.5	1, −0.5, 1	0, 0, 0

我们还记得，非合作博弈的占优战略是"不提供"。现在，假定三名参与者组成了大联盟，经过一番战略协调，他们选择了（提供，提供，提供），获得的总收益为4.5。如果原有的战略组合是（不提供，提供，提供），在向（提供，提供，提供）转变过程中，卡尔和赖瑞可以分别支付给杰克0.5，使三人收益都增加，这样，（不提供，提供，提供）就是缺乏效率的战略组合了。另外，其他联盟结构的总收益都不超过3，通过适当的旁支付，其他联盟结构向（提供，提供，提供）的战略转化会增加每个联盟成员的收益。因此，大联盟和战略组合（提供，提供，提供）是该博弈的解集。

那么，核是什么呢？大联盟是稳定的吗？在卡尔和赖瑞选择“提供”的条件下，如果杰克脱离出来形成单人联盟，收益将增加到2。事实上，（提供，提供）是卡尔和赖瑞对杰克不提供战略的最优反应，若二人选择不提供，（卡尔，赖瑞）联盟的总收益会由1减少到0。无论卡尔和赖瑞如何协调他们的战略，二人的收益之和都不可能大于1。因此，当杰克选择“不提供”，而卡尔与赖瑞的联盟选择（提供、提供）时，我们得到联盟间的纳什均衡，在该联盟结构中，收益为（2，0.5，0.5）。另一方面，若卡尔和赖瑞中的任何一个人脱离他们的联盟，新的纳什均衡将是（不提供，不提供，不提供），两个人的收益会下降，所以，（卡尔，赖瑞）联盟不会轻易瓦解。这反过来又意味着，如果想保持大联盟的稳定，杰克的收益（博弈的收益加旁支付）必须不少于2。

与杰克一样，卡尔和赖瑞可分别做出类似的决策，从大联盟中退出，得到收益2。综合考虑，只有当三人的总收益为6时，大联盟才能保持稳定，而实际总收益只有4.5，所以大联盟是不稳定的。既然大联盟是解集中的惟一联盟，而核要么在解集内，要么为空，因此，本例是一个空核博弈。

我们似乎又回到原地了。在没有合作承诺的时候，公共物品提供博弈得不到满意解；有了合作承诺，博弈却根本没有解了，因为不存在稳定的联盟结构。从个人主义到集体主义，全都无法解决社会的两难问题！

看起来，破解社会两难问题需要对联盟的形式施加部分限制。在本例中，“博弈规则”必须禁止单人联盟。例如，规则可以这样要求，“你必须选择你希望别人选择的战略”，这样，每个人都将选择“提供”。但是，这些规则已经超出经济学的范畴，而是伦理学的内容了。康德（Kantian）从伦理学的角度就曾直截了当地指出：“按照你希望所有人都能采纳的规则来进行你的选择。”还有一种可能的做法是，要求每个参与者都选择大多数人投票赞成的战略。对于公共物品来说，所有人都将赞成“提供”，于是，公共物品将由政府提供，资金由税收支付。这又是社会契约理论和社会机制设计方面的问题了。

总之，从合作博弈角度思考社会两难问题时，由于解集与核得到的结果时常自相矛盾，我们必须综合博弈论、社会学和伦理学等多个学科的知识。

13.5 垄断与规制

前面给出了核在经济学中的两个应用实例。一方面，联盟的转换使市场价格逼近于供求均衡价格；另一方面，联盟转换产生了空核，意味着即使在合作博弈条件下，若不对部分参与者做进一步的限制，公共物品仍得不到供给。芝加哥大学经济学家莱斯特认为，空核博弈为政府制定市场规制措施提供了依据[2]，下面是对这一看法的具体分析。

假定有一个非常小的经济体，其中存在着一个自然垄断企业和五个消费者。垄断企业生产原材料，如果价格合适，安、鲍勃、卡罗琳、唐和伊莱恩五个消费者会购买原材料。

垄断企业的成本取决于产量，成本函数为

$$\text{cost} = \begin{Bmatrix} 0 & \text{if} \quad q = 0 \\ 7 + 5q & \text{if} \quad q > 0 \end{Bmatrix}$$

其中，q为垄断企业的原材料产量。

2 见Lester Telser, *Economic Theory and the Core*, (Chicago: University of Chicago Press, 芝加哥大学出版社，1978年); L. G.. Telser, “竞争与核”，政治经济104，1（1996年2月），pp.85-107。

已知，消费者没有能力生产原材料，每个人都恰好需要1个单位的原材料。五名消费者愿意给原材料支付的最高价格，即保留价格各不相同（见表13-7）。另外，在这个博弈中，消费者的收益等于保留价格与实际价格之差。

有了保留价格，又知道每名消费者最多购买1单位原材料，构建需求函数就比较容易了，详见表13-8。

学习过微观经济学的读者对表13-8中的术语一定不会感到陌生。**边际收入**（marginal revenue）指在所有原材料都以同一价格销售的情况下，多卖1单位原材料获得的额外收入。为了卖出3单位原材料，垄断企业必须把价格降到8，总收入为3×8=24，相对于卖出2单位的收入2×9=18，二者之差（24−18 = 6）就是第3单位原材料的边际收入。边际成本是多生产1单位原材料的额外支出，本例中边际成本为5。微观经济学告诉我们，在边际收入大于边际成本的情况下，以**利润最大化**（maximize its profits）为目标的垄断企业会提高销售量。由此可以推断，联盟结构由（垄断企业，安，鲍勃，卡罗琳）和两个单人联盟（唐）、（伊莱恩）组成，垄断企业以8美元价格卖给安、鲍勃和卡罗琳各1单位的原材料，唐和伊莱恩则不会购买。

表13-7 消费者的保留价格

安	10
鲍勃	9
卡罗琳	8
唐	7
伊莱恩	6

表13-8 垄断收益的决定

数量	价格	总收入	边际收入	边际成本	收益
1	10	10	10	5	−2
2	9	18	8	5	1
3	8	24	6	5	2
4	7	28	4	5	1
5	6	30	2	5	−2

不过，这种联盟结构是缺乏效率的。当垄断价格定为8时，安得到了对应价值等于10的产品，消费者剩余为10−8 = 2，鲍勃的消费者剩余等于1。在生产者方面，垄断企业获得利润2，联盟的总收益为消费者剩余与垄断利润之和，即5。假设形成大联盟，原材料价格定在5，那么，垄断企业将损失掉全部的固定成本，利润为−7，消费者剩余则变为5（安）+4（鲍勃）+3（卡罗琳）+2（唐）+1（伊莱恩）=15，联盟的净收益为15−7 = 8 > 5，这才是解集中的惟一联盟结构。

事实上，以提高价格为目的仅出售3单位原材料的垄断政策并不属于核，垄断企业能够以边际成本5多生产1单位原材料，唐愿意为其支付7。如果垄断企业把价格定为6，企业利润将由2增加到3，唐的消费者剩余由0变为1，整体收益提高。因此，联盟结构（垄断企业，安，鲍勃，卡罗琳，唐）较（垄断企业，安，鲍勃，卡罗琳）占优。更进一步，若企业再多生产1单位原材料，并以价格5.5卖给伊莱恩，企业利润增加到3.5，伊莱恩的消费者剩余也由0变为0.5，联盟（垄断企业，安，鲍勃，卡罗琳，唐，伊莱恩）较联盟（垄断企业，安，鲍勃，卡罗琳，唐）占优。所以，6名参与者组成的大联盟是该博弈惟一的核，实现了最大收益8。不过需要注意的是，这一结论是以允许差别定价为前提的。非差别定价战略不是这一博弈的核。

虽然得到了垄断博弈的核，但却与微观经济学教科书中的均衡不同。该方法告诉我们，企业需要实施**差别定价**（price discrimination），而微观经济学则认为，企业应该限产提价。毫无疑问，现实当中的部分垄断企业确实像微观经济学教材所描述的那样，不总是有能力实施差别定价。比如，音乐会和体育比赛门票的销售商搞差别定价，只会被黄牛党们钻空子，这是一种非合作均衡。但除此之外，垄断企业实施差别定价的例子也为数不少。

现在，我们把一个潜在原材料生产企业加入到博弈中，命名为“新企业”。已知，新企业具有与垄断企业不一样的成本函数：

$$\text{cost} = \begin{cases} 6q & \text{if} \quad q \leqslant 3 \\ 18+8(q-3) & \text{if} \quad q>3 \end{cases}$$

对新企业来说，生产前3个单位原材料的边际成本为6，余下的每单位的边际成本为8。假定垄断企业仍旧以价格8与安、鲍勃和卡罗琳交易，以价格6和5.5与唐、伊莱恩交易，总收入将为35.5，成本为32，利润为3.5。当新企业加入后，新企业能够以价格6.25向安、鲍勃和卡罗琳出售原材料并取得利润，（新企业，安，鲍勃，卡罗琳）比原来的大联盟占优，（垄断企业，安，鲍勃，卡罗琳，唐，伊莱恩）不再是核。如果垄断企业想用更低的价格抢回消费者，它从安、鲍勃、卡罗琳那里得到的收入不会超过18.75。实际上，新企业能够以任何高于6的价格向五个消费者中的任意三个出售原材料，因此，垄断企业的最高收入只有$6 \times 5 = 30$，不可避免地要亏损。

垄断企业不会置亏损于不顾。在大联盟中，为了弥补成本，垄断企业必须把平均价格定在$5 + 7/5 = 6.4$以上（固定成本平均分摊给5名消费者）。由于伊莱恩的购买价格不高于6，所以其他消费者的支出一定要高于6.4才能弥补伊莱恩的价格成本缺口。但是有了新企业后，不管垄断企业采取何种手段拉拢安、鲍勃、卡罗琳和唐，他们中的一些人还是会与新企业形成较原有的大联盟占优的新的联盟结构。

事实是，无论五名消费者如何在两个企业之间分配，联盟结构都是不稳定的。首先，需要了解解集的情况。解集包含着总收益最大的联盟结构，表13-9列出了不同联盟组合的收益情况（由于垄断企业总可以通过降低价格来满足更多的消费者，因此，可以排除部分消费者买不到产品的情形）。

表13-9 消费者不同分配方案的成本与收益

垄断企业的消费者	新企业的消费者	总成本	总收益
5	0	32	8
4	1	33	7
3	2	34	6
2	3	35	5
1	4	38	2
0	5	34	6

由表13-9可知，任何联盟结构与{（垄断企业，安，鲍勃，卡罗琳，唐，伊莱恩）（新企业）}相比，成本都更高，收益都更少。也就是说，只有{（垄断企业，安，鲍勃，卡罗琳，唐，伊莱恩）（新企业）}一个联盟结构位于解集中。不过，解集中的这个惟一解却又不是核，所以核为空。

为什么会出现上面的情况呢？用常见的经济学术语来说，垄断企业应用的技术具有规模经济性，能够以低廉的成本满足所有消费者的需要，需求量越大，效率越高。新企业则使用了一种不同的技术，可能这种技术需要使用某种供应量有限的自然资源，因此，产量越大，生产成本反而越高，回报率降低。尽管供应五名消费者的成本远远高于垄断企业，但新企业可以用极

低的价格提供少量产品，从而从垄断企业手中抢走一部分顾客，阻止其使用大规模的生产技术，结果就是无法形成稳定有效的联盟结构。

不过，政府规制可以使上述问题得到解决。假设政府通过了一项法律，禁止企业与单个的消费者或小团体进行交易，要求生产者必须同时向五名消费者提供产品。那么新企业供给5单位原材料的成本是34，售价也至少为34，这样只要垄断企业要价33，就可得到利润1，最终垄断企业获得供给权，规制带来了稳定有效的联盟结构。当然，传统的回报率规制要更加复杂（因为针对的是现实世界中的复杂产业），但一般都要求受管制的公共设施企业提供价格和收费计划，限制差别定价和过高的利润率，以保证企业为整个地区的消费者提供服务。同时，政府禁止企业采取任何不正当手段妨碍消费者享受公共设施。

在这个例子中，由于有效率的联盟结构被占优，消费者可以转向其他联盟结构追逐更高收益，因此博弈不存在核。而政府规制恰恰可以预防无效联盟的出现，通过法律等手段保证有效联盟结构的形成与稳定。

小结

传统经济理论一般认为，常数和博弈的解是有效率的，一定在解集中。对于许多经济问题，解集内可能存在多个联盟结构与战略组合。核通过考察联盟结构的稳定性，缩小了博弈解的范围，其思路是：虽然一个联盟通过旁支付做出了可信的合作承诺，但是如果联盟成员拥有增加收益的更好选择，他们不会按照承诺组成联盟。

核通过剔除不稳定的联盟结构缩小了博弈解的范围。联盟结构越多，限制条件就越多，解的范围也就越窄。若把这种思想应用于商品交换，我们会找到解释供求平衡的一种新方法。在商品交换博弈中，如果参与者数量较少，核的范围会相对较宽，随着参与者人数的增加，核的范围逐渐缩小。不过，无论人数扩大到多少，供求均衡点始终是核。当人数增加到一定程度时，其他联盟和旁支付结构都会被淘汰，只剩下供求均衡点。

垄断是合作博弈理论的一个深层次问题。垄断博弈的核不是利润最大化的传统模式，而需要进行差别定价。当自然垄断融入竞争时，核为空。规制通过限制可能形成的无效，联盟，来保证有效联盟的稳定性。近几十年，由于认为市场竞争总是可以提高效率，取消管制成为了一种潮流，这很可能是错误的。

当我们把核应用于公共物品时，情况更为糟糕。即使是很小的公共物品提供博弈也没有核。尽管可以利用政治机制等强制性措施提供公共物品，但还是存在联盟间相互冲突的可能，因此，公共物品的提供比我们预想得要困难得多。

练习与讨论

13.1 串谋定价

串谋定价指几家销售同种产品的企业，通过限制产量、抬高价格以瓜分利润的合作协定。许多经济学家认为串谋定价是不稳定的。假设三家企业串通起来制定相同的高价格，其联盟结构是什么样的？

13.2 生产

本章的供求模型只考虑交换，没有考虑生产。如果“杰夫”可以生产小玩具，情况会发生什么变化？如果“亚当”也能生产呢？

13.3 多人公共物品提供博弈

如果参与者人数大于3，公共物品提供博弈的核将有何不同？

13.4 排队博弈

在第11章里，我们提到过无效非合作均衡的博弈：排队博弈。从合作博弈的角度分析该博弈，阐述排队博弈的核，并解释其原因。将排队博弈与本章讨论的其他博弈问题作一比较。

13.5 分配遗产

汤姆、迪克和亨利继承了一大笔遗产，由他们自己决定如何分配。遗嘱声明，三人必须根据少数服从多数的原则对每人应得多少比例遗产做出决策，求该博弈问题的核。

PDG

第四部分

序贯博弈

第14章　序贯博弈

第15章　嵌套博弈

第16章　重复博弈

第17章　无限重复博弈

第14章

序贯博弈

预备知识

- 为了能够更好地理解本章，你需要掌握1~4章的知识，尤其是第2章。
- **本章主要概念**：扩展式、子博弈、子博弈完美均衡、基本子博弈、后向归纳法。

在前面的章节中，我们所探讨的博弈大部分是标准式博弈。冯·诺伊曼认为，虽然所有的博弈都可以用标准式表示，但标准式更适合于现实当中比较常见的所有参与者同时选择战略的情形，如囚徒困境博弈。然而，有些时候，人们只能按一定的顺序选择战略，只有在特定的限制条件下或一段时间过后，才能实施他们承诺的战略，这类重要的博弈就是**序贯博弈**（sequential game），我们可以说，这类博弈具有一定的**承诺结构**（commitment structure）。序贯博弈的扩展式能够帮助我们理解承诺结构及其含义，因此我们常常利用扩展式学习序贯博弈。下面我们分析一个商业案例。

14.1 遏制进入的战略性投资

在第2章的商业案例中，我们已经看到，新竞争者的进入会减少现有公司的利润（很多经济理论都有过相同的论述）。因此，我们可以预期，现有公司将不惜血本，想法设法地阻止或吓退新竞争者的进入。下面就是这样一个例子。

表14-1 芯片需求

产量	单价
3 000 000	700
6 000 000	400
9 000 000	200

施佩泽拉（Spizella）是一家生产工作站专用计算机处理芯片的公司。其工厂芯片的年产量为300万个，总成本为10亿美元，即单件成本为333.333美元。表14-1列出了芯片的产量与买者愿意支付的价格之间关系（也即经济学家所说的需求关系）。

施佩泽拉公司的管理者了解到，旅行者（Passer）公司正考虑建造工厂生产同类芯片。在目前情况下，施佩泽拉公司每年可以按700美元的单价销售300万个芯片，获利11亿美元。但是，如果第二家工厂进入市场，芯片总产出将为600万个，单价则降为400美元。每家工厂的年销售额为12亿美元，利润仅为2亿美元。更糟糕的是，如果有两家新工厂同时进入市场，总产出将为900万个，单价降为200美元，每家工厂每年就会亏损

4亿美元。

然而，施佩泽拉公司正在考虑投资建立另一家工厂，理由如下：

(1) 如果施佩泽拉公司在旅行者公司之前建立第二家工厂，旅行者公司将会意识到自己所建立的工厂只能是市场上的第三家，届时每家工厂每年将会亏损4亿美元。所以，旅行者公司将不会建立工厂，而施佩泽拉公司每年可获利4亿美元，这是非常可观的。

(2) 如果施佩泽拉公司不建立第二家工厂，那么每年只能获利2亿美元。

施佩泽拉公司通过建立第二家工厂使旅行者公司不能进入市场的做法就是遏制进入的战略性投资。对于施佩泽拉公司来说，建立第二家工厂可以保持自己的市场支配地位，并把潜在竞争者驱逐出市场。这是因为当市场上已经存在两家工厂时，新的竞争者如果建立第三家工厂，那么，每家工厂要想实现全部的生产能力，芯片的价格就必定会降至生产成本之下。

让我们看一下这个博弈的扩展式。图14-1中的椭圆表示参与者的决策，是博弈的一个节点。箭头表示参与者可能的选择方式。标记S的节点表示施佩泽拉公司是否建立工厂的决策，标记PA和PB的节点表示旅行者公司是否建立第二家工厂的决策，这取决于施佩泽拉公司的决策。最右端的数字为两个参与者的收益，施佩泽拉公司的收益在前，旅行者公司的收益在后。

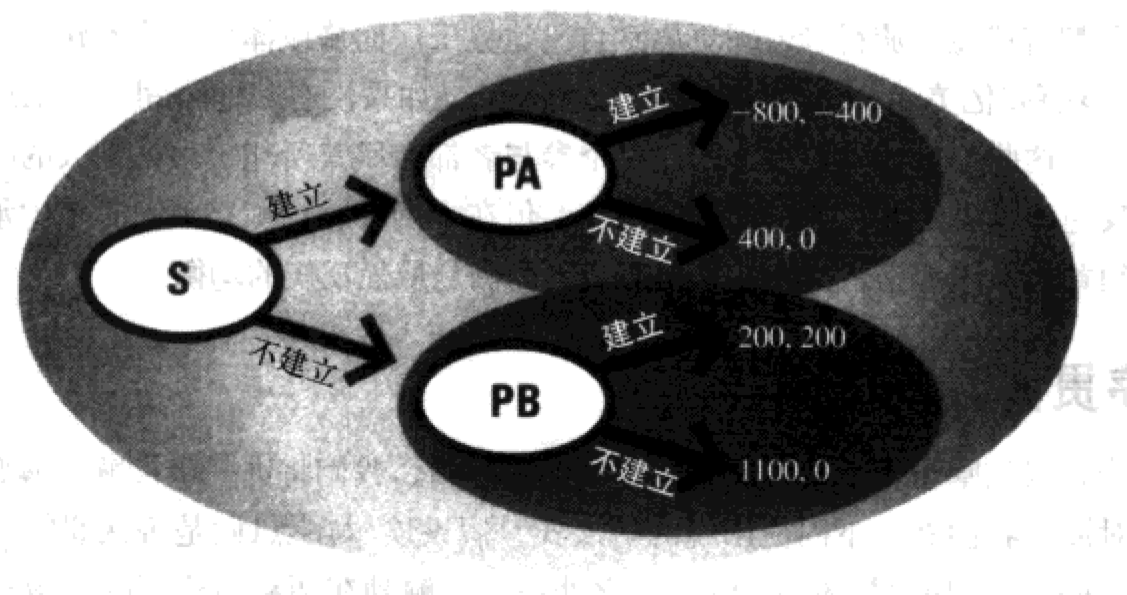


图14-1 “遏制进入的战略性投资”的扩展式表述

在分析**扩展式**（extensive form）博弈时，**子博弈**（subgame）是一个有用的概念。子博弈是一系列的分支，包括从定义明确的单个节点引出的分支，以及由它所引出的选择节点引出的分支。因此，在图14-1中，每个灰色椭圆界定了一个子博弈，其中一个是浅灰色椭圆，从选择节点PA引出，另一个是深灰色椭圆，从选择节点PB引出。另外，整个博弈也是一个子博弈。毕竟，它包括从节点S引出的所有分支。由于节点PA和PB都源于S，因而从节点S开始的子博弈也包括这些分支。通常，每个博弈至少包括一个子博弈，即其自身。除博弈自身以外的其他子博弈统称为**适当子博弈**（Proper Subgame）。我们所说的序贯博弈有一个承诺结构，就是指典型的序贯博弈有一个或多个适当子博弈。

在本例开始时，施佩泽拉公司“推断出”旅行者公司的行为。施佩泽拉公司是根据子博弈进行推理的。施佩泽拉公司推断“如果我们不建立第二家工厂，旅行者公司将会建立”，这是因为他观察到在分支末端的收益（1100, 0）不是下端子博弈的均衡。同理，“如果我们在旅行者公司做决策之前建立第二家工厂，旅行者公司将会意识到他要建立的工厂将成为第三家，如果建立，每家都将亏损4亿美元，所以旅行者公司不会建立工厂”的推断说明在上侧分支中，每家公司都建立工厂不是上端子博弈的均衡。由于预料到所有子博弈都将达到均衡，因而施佩

泽拉公司能够预测到均衡结果并制定相应决策。也就是说，施佩泽拉公司在所有子博弈都达到均衡的假设下，选择自己的战略。在博弈中，这类均衡的总体称为**子博弈完美均衡**（subgame perfect equilibrium），所有参与者总是按照这种均衡状态预测对手的决策。

博弈理论中的一条公认的定律是：为了使某个具有一个或多个适当子博弈的博弈达到均衡，所有子博弈都必须实现均衡，我们称这类均衡为子博弈完美均衡。

求解子博弈完美均衡可以采用**后向归纳法**（backward induction）。我们从每个序列中最后一个决策开始，确定这个决策的均衡，接着向前移动，决定每一阶段的均衡，直到到达第1个决策点。这样，在战略性投资博弈中，PA或PB就是最后一个决策，其结果取决于S点的决策。在决策点PA，旅行者公司将决定不建立工厂，因为不亏损总比亏损4亿美元要好；在决策点PB，旅行者公司将选择建立工厂，因为盈利2亿美元比一无所获要好。现在，我们回到第1阶段，施佩泽拉公司知道如果建立工厂，将会盈利4亿美元，如果不建立，盈利仅为2亿美元。施佩泽拉公司之所以这样认为，是由于它知道旅行者公司的决策制定者是理性和自利的，因而能够像我们一样推断出旅行者公司的决策。所以，施佩泽拉公司选择建立工厂，序列（建立，不建立）是这个博弈的子博弈完美均衡。[1]

两家公司都有遗憾。旅行者公司更愿意自己建立工厂而施佩泽拉公司不建立，这样可以与其平分市场，获利2亿美元。对于施佩泽拉公司来说，如果没有其他公司建立工厂，本可以获得11亿美元。但这些结果都是不可能的。每个参与者都会尽其所能，根据别人的战略选择决定自己的最优反应，这就是我们通常所说的均衡。但在本例中，均衡必须同时考虑承诺结构，即施佩泽拉必须首先做出承诺。因此，子博弈完美均衡是最优反应的均衡。

14.2 序贯博弈的概念

在上例中，我们阐述了序贯博弈的核心概念。下面，我们将进一步了解子博弈的概念。作为图14-1的对照，我们看一下囚徒困境的扩展式。假设埃尔在点1做是否认罪的决策，鲍勃在点2做决策。注意，图14-2与图14-1的不同之处在于，鲍勃在两种情形下的决策包含在同一个椭圆中。这表示，鲍伯在做决策时，并不知道埃尔做了什么决策，鲍伯必须在不知道埃尔决策的情况下决策。形象地说，鲍伯不知道自己处在椭圆的上侧还是下侧。这个不确定性意味着决策点2右侧的分支不是子博弈。与之相反，在图14-1中，PA和PB位于不同的椭圆，在博弈理论的编码中，这表示旅行者公司在决策前知道施佩泽拉公司的决策。对于这个博弈，旅行者公司具有完全信息（也就是说，旅行者公司知道所有先前的决策）。

我们曾说过，整个博弈同时是其自身的子博弈，仅为博弈一部分的子博弈称为适当子博弈。对照图14-2和图14-1，像PA和PB一类的节点称为**完全信息节点**（complete information node）。每个完全信息节点都是子博弈的起始点，即所有子博弈都起始于完全信息节点。两个灰色椭圆中的决策分支都是“遏制进入的战略性投资”博弈的适当子博弈，它们还说明了子博弈可能具有的另外一个重要性质，即不包含其他的适当子博弈。实际上，PA和PB引出的分支直接指向收益，我们称之为**基本子博弈**（basic subgame）。相应地，图14-1中起始于S的子博弈（即整个博弈）就是一个**复合子博弈**（complex subgame）。

1 严格说来，旅行者公司的子博弈完美战略只是相机战略，“如果施佩泽拉建立，我就不建立；否则我就建立。”然而，在不致混淆的情况下，我们将忽略战略的这种相机性。

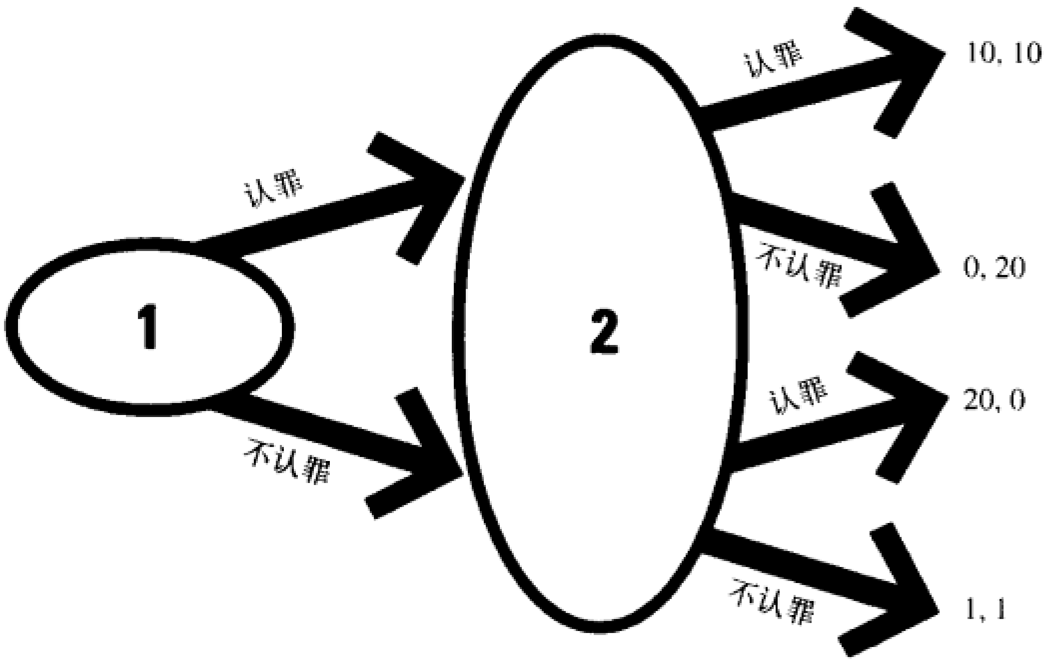


图14-2 囚徒困境的扩展式

子博弈不能起始于一个信息集。因此，图14-2中决策点2右侧的分支不是子博弈。囚徒困境博弈没有适当子博弈。然而，埃尔不需要任何其他信息，节点1是完全信息节点。因此，节点1和它右侧的节点构成了一个子博弈。这说明，囚徒困境博弈只有一个子博弈，即博弈本身，没有承诺结构。

然而，对于如图14-1所示的具有适当子博弈的博弈来说，我们所说的均衡是指子博弈完美均衡。子博弈完美均衡要求每个子博弈都达到纳什均衡。在遏制进入的战略性投资博弈中，子博弈完美均衡就是战略组合（建立，不进入）。

但是，我们只能直接决定基本子博弈的纳什均衡，即所有博弈序列中的最后一个子博弈。例如，在图14-1中，我们就无法决定S点的纳什均衡，因为施佩泽拉公司的收益取决于旅行者公司的决策，而不能对后面将要选择的战略确定自己的最优反应。于是，我们从每个子博弈的基本适当子博弈开始，即PA和PB。在这两个节点，没有任何后续决策，因此我们能够计算出这两个节点的纳什均衡和收益。把相应的结果带入节点S，就能得到节点S的收益。这样，通过先求解PA和PB两点的博弈，我们把图14-1所示的进入障碍博弈简化为一个小博弈，见图14-3。

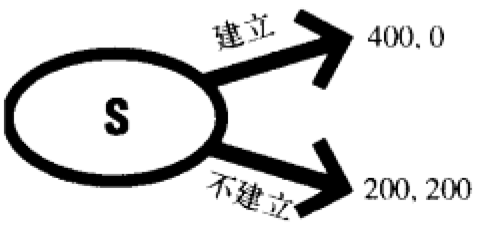


图14-3 简化后的遏制进入的战略性投资博弈

这个博弈可以立即解出来，答案是“建立工厂，获得4亿美元的收益”。这提供了一种求解具有承诺结构的博弈的基本方法：解出每一个分支最后阶段的子博弈，通过这种方式将大博弈简化为小博弈，重复以上步骤，直到解出所有的子博弈，最终就能得到子博弈完美均衡。就像管理咨询专家所说的：“向前想，向后推”，[2]即向前想以找出适当子博弈，向后推以解出这些子博弈。

后向归纳法和子博弈完美均衡都是序贯博弈中的重要法则。战略家就应该前想后推。这也同样适用于商业以外的其他领域：军事战略，公共政策，个人生活。后面的例子将说明这一点。

14.3 再看西班牙叛乱

我们再回顾一下西班牙叛乱的例子。在这个例子中，冲突的双方是赫图勒斯和皮乌斯。赫

2 见Hugh Courtney, "Games Managers Should Play," *World Economic Affairs* 2, no. 1 (Autumn 1997), p. 48.

图勒斯的战略是到新迦太基，或者在皮乌斯行军前留在拉米尼姆城并在巴埃蒂斯河截断皮乌斯的军队。皮乌斯的战略是直接行军到拉米尼姆城与赫图勒斯作战，或行军到加德斯，然后乘船到新迦太基。图14-4为这个博弈的扩展式，其中的数字表示收益。

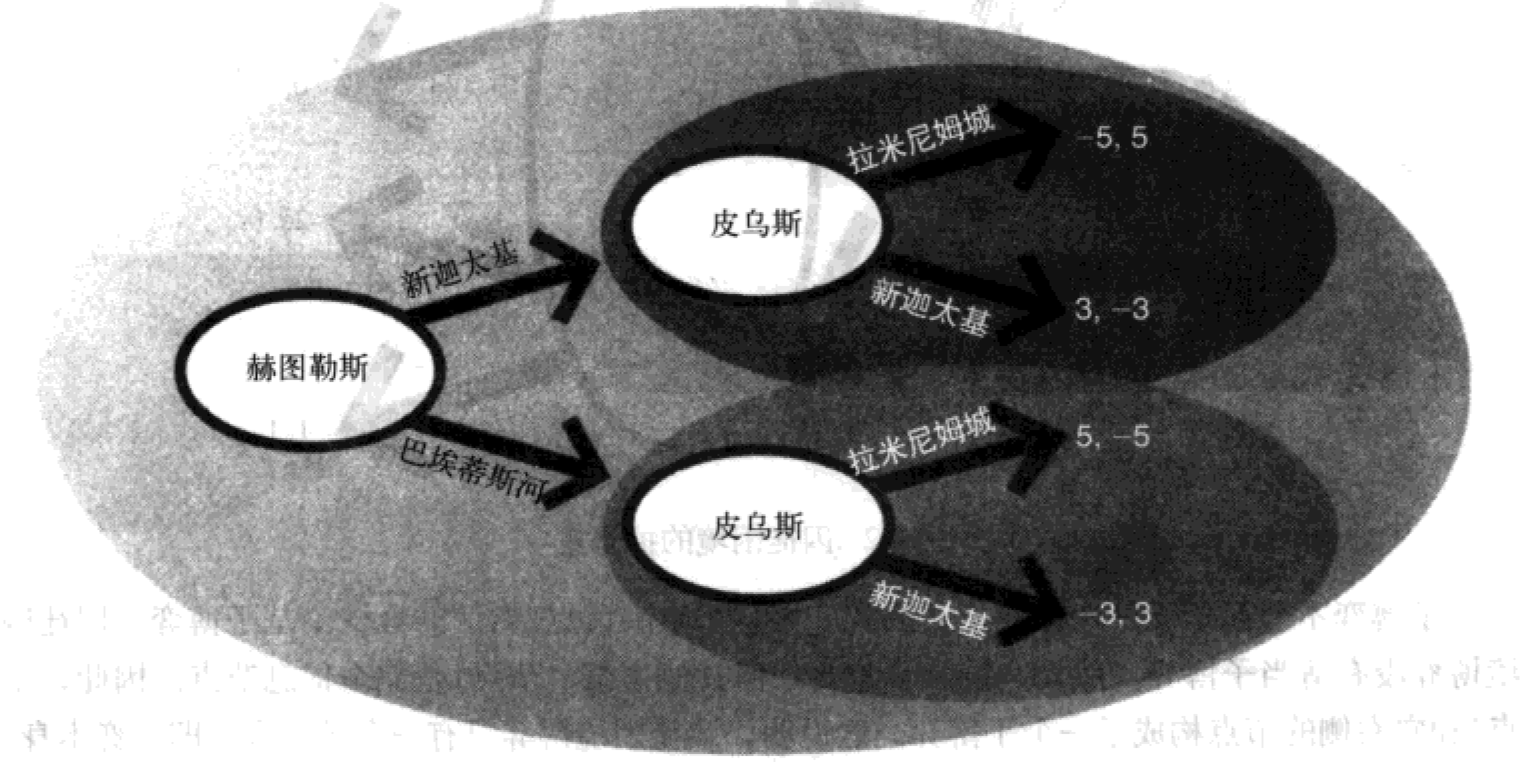


图14-4 具有子博弈的西班牙叛乱

要想解出这个博弈的子博弈完美均衡，我们当然得“前想后推”，即先解出基本子博弈，依次后推，解出整个博弈。这个博弈含有两个基本子博弈，我们首先解上侧的子博弈。在这个子博弈中，皮乌斯去拉米尼姆城的收益为5，去新迦太基的收益为−3。因此，这个子博弈的解是去拉米尼姆城。在下侧的子博弈中，皮乌斯去新迦太基的收益为3，去拉米尼姆城的收益为−5。因此，这个子博弈的解是去新迦太基。利用这些信息，我们可以把西班牙叛乱的博弈简化为图14-5。在简化后的博弈中，赫图勒斯去新迦太基的收益为−5，但去巴埃蒂斯河的收益仅为−3。

于是，简化后的博弈的解是去巴埃蒂斯河，即在皮乌斯前往新迦太基的途中，赫图勒斯在巴埃蒂斯河截击皮乌斯，这是子博弈完美均衡。该故事的作者寇琳·麦克库罗认为，赫图勒斯惟一的合理选择是去巴埃蒂斯河，因此，寇琳本人已正确解出了这个博弈的均衡。

图14-5 简化后的西班牙叛乱博弈

在这个博弈中，赫图勒斯处于劣势，因为他夹在皮乌斯和皮乌斯在东西班牙的目标——新迦太基之间，他必须首先承诺，决定是否去新迦太基。结果，赫图勒斯不得不在“不好”和“更不好”的两种情况之间进行选择。然而，如果情形反过来，皮乌斯首先做出决策的话，结果会变成什么样呢？结果是皮乌斯必须在“不好”和“更不好”之间选择。对这个博弈而言，谁先选择谁就将处于劣势。

小练习：假定皮乌斯首先选择，画出博弈的扩展式，并解出这个博弈的子博弈完美均衡，证明此时赫图勒斯处于优势。

14.4 纳什均衡和子博弈完美均衡

子博弈完美均衡和纳什均衡一样，都是最优反应均衡。在求解子博弈完美均衡时，我们

先要解出基本子博弈的纳什均衡。显然，这两个均衡概念联系密切。为了更好地理解它们之间的关系，我们再看一下第2章的另外一个例子：金雀和蓝鸟的市场进入博弈。图14-6为这个博弈的扩展式。表14-2则是该博弈的标准式，其与表2-1的惟一区别是用阴影标出了纳什均衡。

表14-2 市场进入博弈的标准式

		金雀	
		如果蓝鸟进入，就容纳它；如果蓝鸟不进入，就维持原状	如果蓝鸟进入，就发动价格战；如果蓝鸟不进入，就维持原状
蓝鸟	进入	3, 5	−5, 2
	不进入	0, 10	0, 10

这一市场进入博弈的两个纳什均衡是不同的。注意用后向归纳法解这个博弈时发生的情况。在节点G，金雀不打价格战的战略优于打价格战的战略，前者收益为5，后者收益为2。这对应于表14-2的左上方格，其中深色阴影表示的纳什均衡就是子博弈完美均衡。然而，右下方用浅色阴影表示的纳什均衡却并不是子博弈完美均衡。为什么呢？它是纳什均衡，因为任何一方背离这一状态都不会使自己的收益变得更高。但这没有多少意义，因为蓝鸟首先选择，当蓝鸟选择进入战略时，金雀会选择不打价格战的战略。换言之，由于这一战略组合不是基本子博弈的均衡，因此，金雀打价格战的威胁是不可信的。

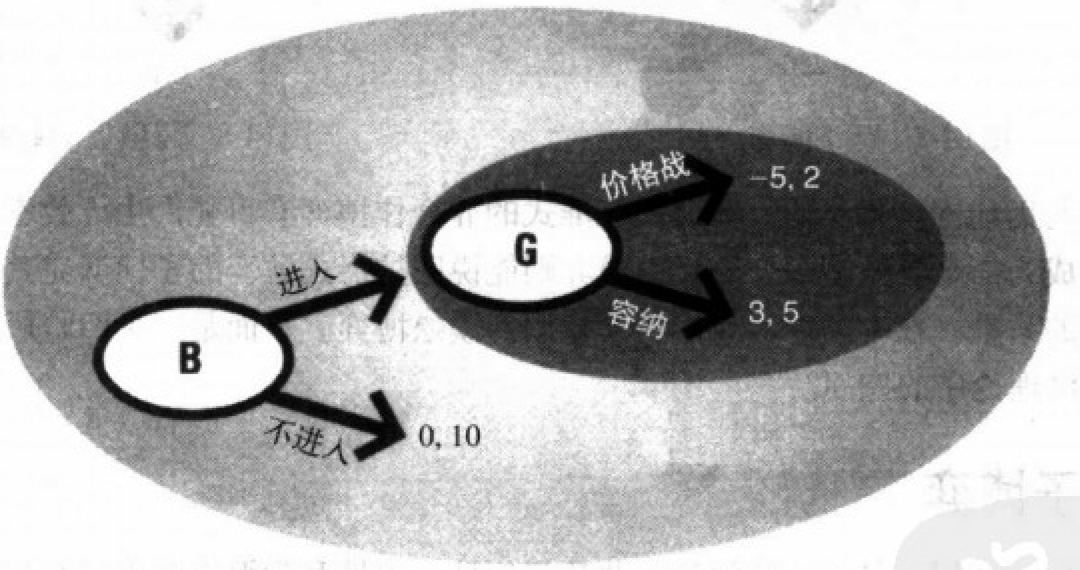


图14-6 市场进入博弈的扩展式

在这个例子中，有两个纳什均衡，但只有一个是子博弈完美均衡，另一个则是“不可信的威胁”。这大体上阐明了子博弈完美均衡和纳什均衡的关系。子博弈完美均衡一定是纳什均衡，但纳什均衡未必是子博弈完美均衡。博弈学家所说的子博弈完美均衡是纳什均衡的精炼，就是这个意思。通常，精炼就是指适合一些标准的纳什均衡，例如子博弈完美标准。

14.5 蜈蚣博弈

扩展式分析在最近的博弈理论和实验研究中影响越来越大。其中一个例子就是蜈蚣博弈，

我们将在以后章节中解释这个奇怪的名称。下面是一个最简单的蜈蚣博弈。

有两个参与者安娜（简称A）和巴波（简称B），要分一个坛子里装的一笔钱。在第1阶段，A可以选择从坛子中抓钱，也可以选择不抓而把坛子传给B。如果选择“抓”，B就只能得到较少的钱。如果A在第1阶段选择“传”，坛子中的钱的总额会增加。接下来，如果B选择“抓”，A就只能得到较少的收益。然而，如果B在第2阶段选择“传”，坛子中的钱将进一步增加，最后他们平分收益。图14-7展示了这个博弈的扩展式。第1个节点是参与者A的决策，用标有A的椭圆表示。第2个节点是参与者B的决策，用标有B的椭圆表示。箭头末端表示收益，A的收益在左，B的收益在右。因此，如果A在第1阶段选择“传”，B在第2阶段选择“抓”，最终A得到2美元，而B得到6美元。这个简单的蜈蚣博弈只有两个阶段，但它可以延伸到上百个阶段，甚至更多。如果想像一下图14-7延伸到100阶段时的情形，你就会明白为什么它被称为蜈蚣博弈。

我们依然用前想后推的方法解这个博弈。这个两阶段的蜈蚣博弈只有一个适当子博弈，如图14-7的灰色椭圆所示，同时它也是基本子博弈。在这个子博弈中，B将选择“抓”，A得到2美元，而B得到6美元。得出子博弈的解后，我们将这个蜈蚣博弈简化为图14-8所示的博弈。在这个博弈中，A选择“抓”的收益是4美元，选择“传”的收益是2美元，因此A会选择“抓”，这就是这个博弈的子博弈完美均衡。如果这个博弈延伸到很多阶段，100甚至更多，我们依然可以用同样的方法进行分析并能得出同样的结论——一次减少一个阶段，直到简化为图14-8所示的情形，子博弈完美均衡仍然是“A抓了钱就跑”。在下一节，我们将介绍一个四阶段的蜈蚣博弈。

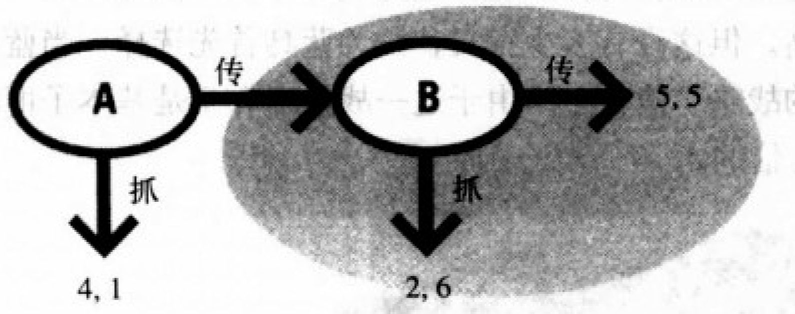


图14-7 蜈蚣博弈

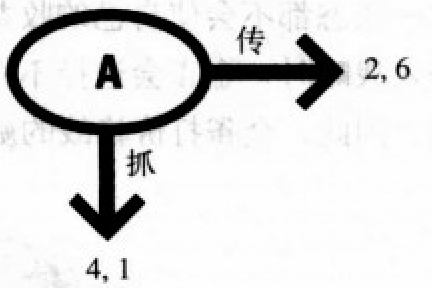


图14-8 简化后的蜈蚣博弈

蜈蚣博弈与囚徒困境相类似。在说明标准式的非合作博弈有可能产生无效率的结果时，囚徒困境博弈已成为一个典型例子，而蜈蚣博弈则能说明扩展式博弈的子博弈完美均衡为什么也能导致无效率的结果。在本书中，我们将反复用到蜈蚣博弈。下面是一个四阶段的蜈蚣博弈的例子及其在经济理论中的应用。

14.6 椰子博弈

序贯博弈广泛应用于经济、政治和公共政策领域。奥地利学派喜欢引用与鲁滨逊有关的例子。下面就是一个关于鲁滨逊和他的伙伴乔的故事，该故事运用了序贯博弈和奥地利学派的经济学理论。

详细解读
A Closer Look

奥地利学派

经济学中比较与众不同的一个学派，起源于奥地利的维也纳。“奥地利学派”与新古典主义经济学有共识，但在一些重要方面存在差别。“老奥地利学派”的成就是机会成本、边际效用理论，以及首先用“迂回生产”的概念解释资本和投资。“新奥地利学派”更支持资本主义市场而不是社会主义，他们主要研究私有信息在资源分配中的重要性和商业周期。所有的奥地利学派经济学家都认为，经济活动的最终决

定因素是主观的，经济学针对的是理性行为，而现实中的人类是会犯错的。

奥地利学派代表人物

老奥地利学派：门格尔（1840—1921）；维塞尔（1851—1926）；庞巴维克（1851—1941）。新奥地利学派：米塞斯（1881—1973）；哈耶克（1899—1992）。

当轮船沉没时，鲁滨逊和乔正好在船上。他们只有一艘划艇和一小套工具，划艇漂流了整个夜晚后，第二天清晨他们到达了由一些岛屿构成的环礁湖。离他们最近的是一个小岛，岛上有4棵椰子树。环礁湖另一侧是一个大岛，岛上充足的资源可以使他们在获救前存活下来。但是他们现在又饿又渴，所以决定先登上小岛摘椰子。椰奶和椰肉将能使他们恢复体能，从而有力气划船到环礁湖的另一侧。

他们计划轮流爬上椰子树，摘下椰子。鲁滨逊先爬树，接着是乔，依次轮流。树下的人负责捡椰子并装入划艇。如果没人捡椰子，椰子就会滚到海里，被海浪冲走。摘完椰子后，他们将平分。每棵树上恰好有5个椰子，所以他们在前往大岛前可以摘到20个椰子。问题是没有强制措施保证树下的人不欺骗。在每个阶段，树下的人都有机会乘船离开并带走当前所有摘下来的椰子，从而独享这些椰子而不是与同伴平分。这看上去非常阴险，但他们都是理性的博弈参与者，每个人都假定对方的目标是得到最多的椰子。

图14-9列出了这个博弈的扩展式。在每一步，鲁滨逊和乔都必须在两个战略中做出选择，或者收集椰子并准备在下一轮爬树（最后一轮是平分椰子），或者欺骗即带着当前摘到的椰子乘船离开。我们把这两个战略分别称为“等”和“跑”。乔在第1个节点制定决策，鲁滨逊在第2个节点制定决策，依次轮流。收益序列的左侧数字表示乔的收益，右侧数字表示鲁滨逊的收益。子博弈都由灰色椭圆标示，我们发现它们都是嵌套的，这简化了求解过程。由于只有最后一个子博弈是基本子博弈，我们首先解它。如果鲁滨逊选择“跑”，将会得到20个椰子，显然，这比选择“等”并平分它们要好。因此，在第3个节点，乔会预计到，选择“跑”将得到15个椰子，比选择“等”要好得多，“等”的话他将一无所得。这就意味着，在第2个节点，如果鲁滨逊选择“等”，他将一无所获，而选择“跑”能得到10个椰子。因而，在第1个节点，如果乔选择“等”，他同样将一无所获，而选择“跑”则会得到5个椰子。至此，博弈结束了，这就是子博弈的完美均衡。这是一个不能令人满意的非合作均衡，他们只收获了1/4的椰子，而且鲁滨逊一无所获。也许，鲁滨逊无论如何都将拒绝这个计划。

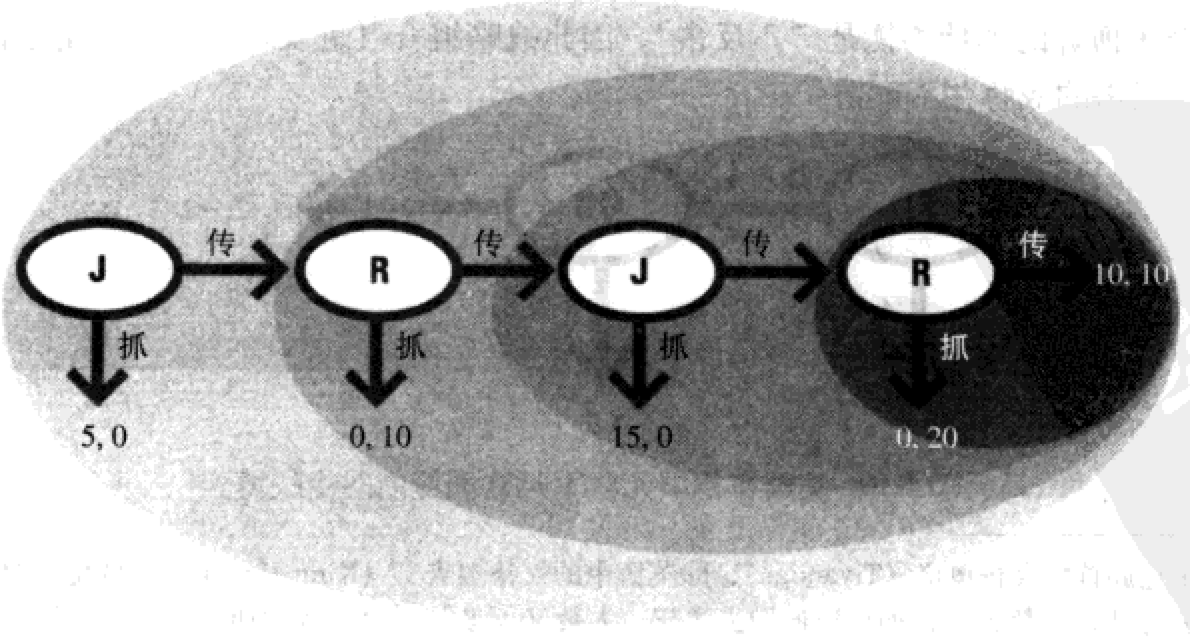


图14-9 椰子博弈

这个博弈形象地说明了工业化国家在生产方面的一些问题，即劳动分工和迂回生产，奥地利学派的学者和他们的前辈们非常看重这些问题。亚当·斯密（Adam Smith）着重强调了劳动分工，认为分工是提高劳动生产率和工业化国家生活标准的主要途径。奥地利学派的学者则认为，尽管劳动分工对劳动生产率有一定的影响，但迂回生产影响更大。迂回生产是指首先生产中间产品，例如机器，然后利用它们生产最终的消费产品。实际上，迂回生产和劳动分工是相互配合的，就像鲁滨逊和乔所做的那样。收获椰子是个迂回的过程，其中一人在得不到任何东西的前提下投入了他的体能，爬到树上。地上的椰子在成为可以吃掉的椰子之前就是中间产品。只有两个人分工才能收获椰子，一个爬树，一个捡椰子。

这个例子的要点在于，迂回生产和劳动分工为投机创造了机会，从而使得高生产率的迂回生产无法实现。既然如此，为什么一些国家仍然实现了工业化呢？答案的关键是，这些国家有法律保障下的合同制度。进行迂回生产的工人为他们的表现签订合同，如果他们违反合同就会受到处罚。而上例中，没有外部权力机构强迫鲁滨逊和乔执行合同。现实生活中，一些不发达国家的政府腐败问题严重，缺乏有效措施保证合同的执行，这使得其经济发展进一步落后。

椰子博弈是蜈蚣博弈的一个特殊例子。鲁滨逊和乔的故事告诉我们制定承诺（如签订合同）的重要性。下面是冷战时期蜈蚣博弈在美国军队中的一次应用，我们将用这一例子结束本章。

14.7 反击

在冷战时期（1949~1989），美国与西德等几个欧洲国家结盟共同抵抗苏联。苏联在欧洲部署着更多数量的陆军，如果攻击，就能很快占领西德。为了阻止苏联攻击，美国在西德境内驻军。然而，美国愿意提供给西德的陆军远不能抵抗苏联的全力攻击，就像在两个世纪前的一场战争中，一位伟大的易洛魁族（Iroquois）领袖所说的那样，“用来战斗，人数太少；如果死伤，人数又太多。”[3]这样，如果苏联想攻击，就一定能击败驻扎在西德的美军。

吓退苏联进攻的不是部署在西德的军队，而是来自美国的大规模反击甚至使用核武器的威胁。然而，威胁并非都可信，就像在本章中所看到的那样。

假定西德境内没有驻扎任何美军，图14-10展示了这种情况下美国和苏联之间的博弈。如果苏联攻击，美国可以选择反击或不反击。如果美国反击，苏联和美国的境况都会恶化，这可以从图中的收益组合（−2, −2）看出。如果美国不反击，则收益为1，这比苏联不攻击西德时的收益3低，但是比反击时的收益−1高。用专业术语说，美国的决策是这个博弈惟一的基本子博弈，这个子博弈的纳什均衡是“不反击”。因此战略组合（进攻，不反击）是子博弈完美均衡。这样，反击的威胁并不可信。

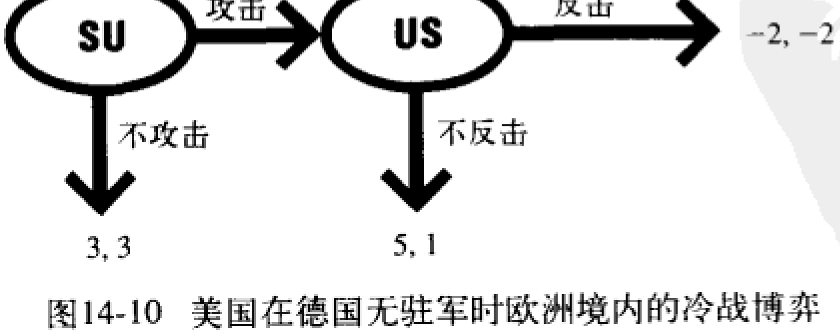


图14-10 美国在德国无驻军时欧洲境内的冷战博弈

3 莫霍克族首领泰扬奥格（Tiyanoga），即英语中的汉德瑞克王（King Hendrick）曾说，“如果让我的将士去打仗，人数太少；如果让他们去送死，人数又太多”。这个习语有时也归结于后来的莫霍克族首领泰扬丹戈（Thayendanega），即约瑟夫·布兰特（Joseph Brant）。泰扬丹戈可能引用或转述了他前辈的话，但是起源于泰扬丹戈的说法也许是编造的。

然而，美国能够通过在西德驻军改变这个规则。当时，在西德的美国驻军被称为绊网，其暗含的意思是，苏联若是进攻西德毁灭在西德的美国驻军，就必将遭到美国的反击，这个暗示足以吓退苏联的进攻。在美国驻军西德的情况下，当苏联攻击西德时，美国若不通过还击营救在西德的分遣队，就会眼睁睁看着这支部队全军覆没，此时的收益如图14-11所示。

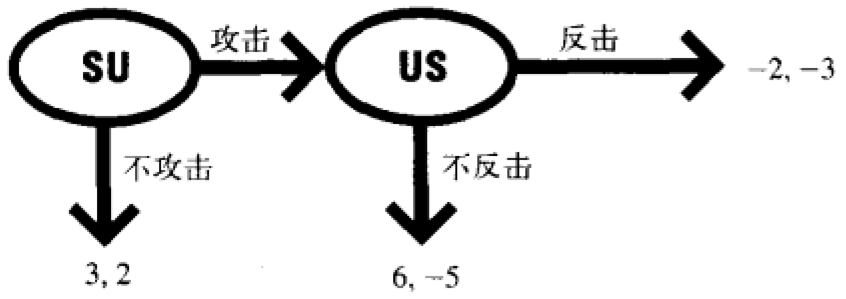


图14-11 美国在德国驻军时欧洲境内的冷战博弈

在西德驻扎军队，提高了苏联攻击西德而美国不还击时苏联的收益，但同时减少了美国在任何情况下的收益。甚至在苏联不攻击的情形下，美国的收益也将减少，因为维持西德的驻军需要费用。如果美国反击，依然会有些部队在得到救援前被损失掉，但最大的变化是苏联攻击而美国不还击情形下的收益，此时驻扎在西德的美军将全军覆没。美国政府不会容忍驻扎在西德的美军覆没，如果置之不理，政府不久之后就会下台，这就是政治成本。相应地，我们也可以把图14-10的收益看做是政治的而不只是军事上的收益。既然在任何情况下美国的收益都降低了，表面上看来，美国向西德派遣军队是非理性的。

然而，最终结果对美国来说变好了。因为基本子博弈的解变化了，反击成为了最优反应。反击的威胁是可信的，子博弈完美均衡是苏联不攻击，这和历史相符。

当然，以上收益只是猜测，没有人知道当时发动全面核战争的收益。（谢天谢地！）但是，上面数字的相对大小可用来阐述美国当时的战略思想，整体上这些思想是成功的。

小结

本章探讨了序贯博弈，参与者在博弈时按顺序制定承诺。在分析这些博弈的过程中，我们使用了子博弈完美均衡的概念，求解子博弈完美均衡的方法被我们直观表示成“前想后推”。“前想”就是首先分析博弈的子博弈。子博弈完美均衡的条件是博弈的每个子博弈都实现纳什均衡。适当子博弈指除博弈本身以外的子博弈，基本子博弈指博弈树末端的子博弈。我们用后向归纳法即“后推”解出子博弈完美均衡。我们首先解出所有基本子博弈的均衡收益。接着用同样的方法分析简化后的博弈，直到博弈不含适当子博弈为止。解出一系列子博弈后，最终博弈的解就是子博弈完美均衡。

我们发现，参与顺序对博弈的最终结果来说非常重要。在一些博弈中，先作决策的参与者占有优势，如施佩泽拉公司和旅行者公司之间的进入博弈。但在某些博弈中，先作决策的参与者却处于劣势，如西班牙叛乱博弈。在很多非合作博弈中，所有的参与者都会对最终结果产生遗憾。

威胁博弈和复仇博弈（包括价格战）是一类重要的序贯博弈。在这类博弈中，只有威胁是子博弈完美均衡时，威胁才可信。这条定律有着广泛的应用，适用于军队驻扎博弈以及很多其他的威胁博弈和复仇博弈。蜈蚣博弈是另外一类重要的序贯博弈。在经济学和公共政策中有着广泛的应用。近年来，有很多关于这类博弈的实验性研究，我们将在后面一章探讨。

练习与讨论

14.1 道路冲突

这是一个简单的博弈，我们称之为道路冲突博弈。有两个参与者埃尔和鲍伯。鲍伯有两个选择：其一挑衅，这可能使埃尔在交通事故中丧命；其二不挑衅。如果鲍伯选择不挑衅，埃尔没有战略可以选择。如果鲍伯选择挑衅，埃尔有两个选择：其一是通过危险驾驶或向鲍伯开枪进行报复；其二是不报复。表14-3展示了这个博弈的标准式。

表14-3 道路冲突博弈

		鲍勃	
		挑衅	不挑衅
埃尔	如果鲍勃挑衅，就报复；否则什么也不做	−50，−100	5，4
	如果鲍勃挑衅，不报复；否则什么也不做	4，5	5，4

和平常一样，收益序列的左侧数字表示埃尔的收益，右侧数字表示鲍勃的收益。画出这个博弈的扩展式。这个博弈的子博弈是什么？其中哪些是基本子博弈？确定这个博弈的子博弈完美均衡，它与现实相符吗？对你的回答做出解释。尽管很多政府通过惩罚报复性驾驶尽量减少路上的冲突，而美国华盛顿州警署则是通过提高对挑衅性驾驶的惩罚来减少路上的冲突。按照博弈理论来说，华盛顿州警署的战略有意义吗？

14.2 欧尼公司

欧尼公司是商用扫描仪的垄断销售商，然而新新公司获得了能以更低成本生产扫描仪的专利方法。目前，新新公司还没有开始销售扫描仪。欧尼公司扬言，如果有新的公司进入市场，它将把价格降在自己的生产成本之下，以使新公司破产。如果新新公司进入市场，两家公司都可以选择把价格定为p_1或p_2。c_1是用老工艺生产扫描仪的成本，c_2是用新工艺生产的成本，$p_1 > c_1 > p_2 > c_2$。如果两家公司相互竞争而且定价相同，它们将平分市场，每家销售$Q/2$。如果它们的定价不同，定价低的公司将占领整个市场，销售量为Q，而定价高的公司的销售量则将为0。

如果新新公司进入市场，欧尼公司将通过价格战对其报复。这个威胁可信吗？为什么？

14.3 袋泡茶

有时，新公司的进入会遭到市场上原有企业的报复。泰特莱茶叶公司（Tetley Tea）和立顿茶叶公司（Lipton）的袋泡茶大战就是这样一个例子。泰特莱茶叶公司首先在英国推出了袋泡茶。消费者对袋泡茶欣喜若狂，泰特莱的市场份额上升到40%，并保持在这个水平。此后，泰特莱又在加拿大推出了袋泡茶，并受到了同样的欢迎。泰特莱准备在美国推出袋泡茶时，立顿决心不让泰特莱抢走自己40%的市场份额。因此，立顿把价格降到成本之下。最终，泰特莱在美国推出了袋泡茶并占领了40%的市场份额，为此付出代价的不是立顿而是红玫瑰（Red Rose）这类的小品牌公司。然而，立顿意识到，泰特莱向三个国家推出袋泡茶已元气大伤，因此推断，泰特莱的财务资源非常薄弱。于是立顿选择保持低价格，继续接受亏损。泰特莱没有财力支持其以低于盈亏平衡的价格与立顿竞争，最终被收购，高层管理人员也被替代。

这个博弈中，两家公司的战略是什么？包含了哪些承诺？画出这个博弈的扩展式，并用标

准式表示战略。“前想后推”的方法如何应用在这个博弈中？

14.4 离婚

琼斯夫人正准备与琼斯先生离婚。他们婚前的协议约定，如果她能证明琼斯先生有过外遇就能得到10万美元，反之则只能得到5万美元。她的律师只有雇用私人侦探，才可能证明她丈夫有外遇。雇用私人侦探的费用为1万美元，包含在律师费中。琼斯夫人有两个选择：不管诉讼案结果如何都付给她的律师2万美元，或者支付诉讼收入的1/3。律师只有在有利可图的情况下才会雇用私人侦探。

谁是这个博弈的最先行动者？画出这个博弈的扩展式，并用标准式表示战略。使用后向归纳法，判断哪种支付方法能使琼斯夫人赢得诉讼。你能想出使琼斯夫人得到最好结果的其他支付方法吗？

14.5 迂回较量

这是作者的一位调查对象讲述的真实故事。为保护隐私，人物的名称均使用了化名。这个博弈发生在美国新泽西州亚特兰大城的赌博行业和娱乐业之间。NM是一位在内华达州经营赌博的大富豪，想在亚特兰大买一处大而且享有很高声望的地产，该地产由BC公司拥有。BC公司有两处地产，一处是在博得沃克的中部，另一处在南端的海滩。在南端的地产是一个四方形街区，中心是面对海滩的邓克瑞娱乐场。中部的地产则是极为出名和奢华的百威尔酒店。

NM想要买百威尔酒店，但是BC公司不想出售。邓克瑞娱乐场被第三方拥有，可以出售，但NM认为它太小。理论上，BC公司有两个战略：出售百威尔酒店或者不出售。其目前选择的战略是不出售。NM有三个战略，他可以等待更好的地产出现，或者买下邓克瑞并把它经营为奢华的娱乐场，或者买下邓克瑞并把它经营为老虎机大厅。

市场调查表明，把邓克瑞经营为奢华的娱乐场可以盈利更多，但是，NM打算把它改建为老虎机大厅。他的想法是：“老虎机会吸引大批低阶层的消费者，而BC公司的有钱人客户肯定不希望与穷人分享海滩。因此，如果在BC公司下辖的街区中心经营老虎机，BC将失去客户和盈利。为了保住客户，BC公司将从我手中购买邓克瑞。这时，我就可以要求它必须让我购买百威尔酒店，这才是我真正想要的。”

图14-12给出了这个博弈的扩展式。NM在第1个节点选择，BC在第2个。收益序列的左侧表示NM的收益，右侧表示BC的收益。NM的战略会有效吗？根据子博弈完美均衡对其做出解释。

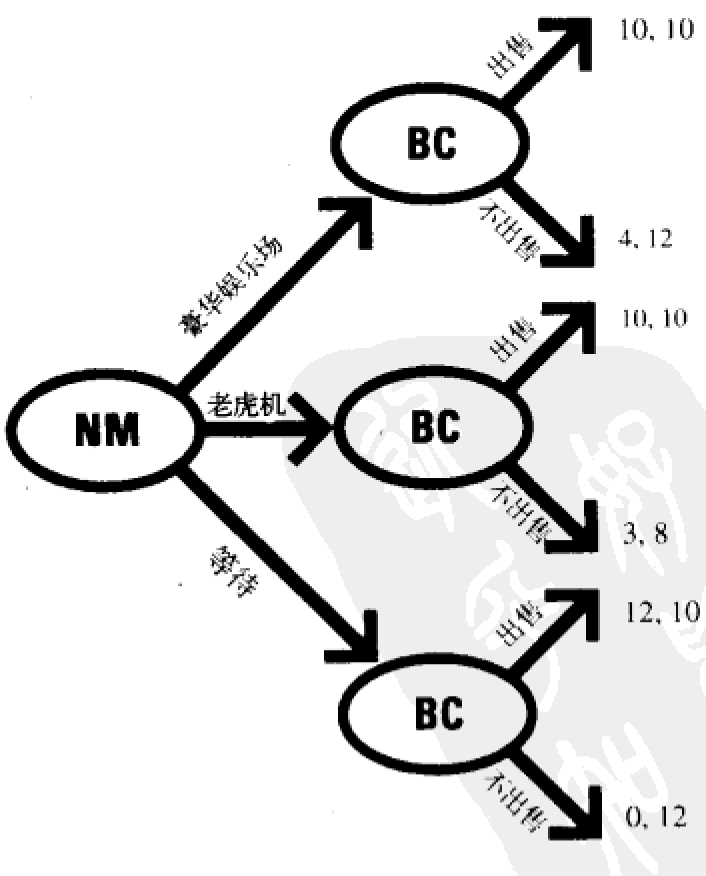


图14-12 娱乐场博弈的收益

14.6 消耗战

在消耗战中，有两个或更多的阶段，甚至是无限多个阶段，但当其中一个参与者退出时，博弈就结束了。博弈中，首先投降或退出的参与者失败，另一个参与者胜利。但是，博弈持续的时间越长，赢得将越来越少，而损失将越来越大。这是因为持续的冲突耗尽并毁坏了资源，这些资源对胜利者来说，本可增加他的报酬；对失败者来说，本可以改变他的处境。下面我们就看一个简单的两阶段消耗战。

在博弈的每个阶段，每个参与者都可以选

择战斗和退出。每个阶段的战略都是同时制定的。在第1个阶段，如果参与者都退出，他们平分150，每人得到75。如果一个战斗另一个退出，战斗者可以得到100，退出者得到50。如果他们都选择战斗，博弈进入第2阶段，此时总收益最多为90，因为第1阶段的冲突耗费了一些资源。在第2阶段，如果他们还都选择战斗，进一步的冲突将收益减少为每人得到10。如果一人战斗一人退出，战斗者得到55，退出者得到15。

(1) 画出这个博弈的扩展式。

(2) 写出博弈中每个参与者的所有战略，要考虑到一个参与者对另外一个参与者在第1阶段决策的不同反应。

(3) 根据（2）的信息，写出博弈的标准式。

(4) 这个博弈有纳什均衡吗？是什么？

(5) 用后向归纳法解出这个博弈。

14.7 罢工

工会和雇主预期将要有一次罢工。在决定罢工前，工会可以选择筹资或者不筹资，雇主可以选择增加存货以在罢工期间继续营业，或者不增加存货。这些决策同时制定。此后，工会决定是否罢工。

(1) 如果忽略承诺的顺序，就纯战略而言，表14-4所示的收益有纳什均衡吗？如果有，是什么？

(2) 画出这个博弈的扩展式。

(3) 这个博弈的子博弈是什么？

(4) 哪个子博弈是基本子博弈？

(5) 通过解基本子博弈简化这个博弈，写出简化后博弈的收益矩阵，以此解出这个博弈的子博弈完美均衡。

(6) 比较一下问题（1）和问题（5）的答案，解释它们的差异和相似之处。

表14-4 罢工

		工会			
		筹资		不筹资	
		罢工	不罢工	罢工	不罢工
雇主	增加存货	−5, −5	−2, −2	−2, −10	−2, 0
	不增加存货	−10, 10	0, −2	−5, 5	0, 0

14.8 板球

就像棒球一样，打板球时，每次比赛都开始于两个人的面对面：投球手扔球，击球手尽力击中[4]。但此后，两种运动有着很多差别。一个重要差别是，在板球运动中，击球手必须在他的本营尽力保护小门，如果投球手能够击倒部分小门，击球手就出局了。在板球比赛中，只允许10次出局。另一个差别是，在击球手面前球可以撞地，击球手可以在球第1次弹起时击球。

4 感谢我的同事和朋友韦伯汉斯·迈丹，他是一个出色的投球手，我对板球的一点皮毛知识都来自于他。

依靠自身的旋转，球可能弹跳到击球手的右侧或者左侧。自然而然，优秀的击球手会注视投球手的动作以判断球弹跳的方向，然后做出相应的移动。一些投球手能掷出曲线球，即从掷球的动作看，球应当向右弹，但实际却向左弹。这样，投球手就有三个战略可以选择：向左弹球，向右弹球，曲线球。击球手可以向左调整，或向右调整。如果向右调整，他可能无法击中曲线球。击球手的另外一个战略是调整他的姿势，在投球手掷出球之前，他可以向后退靠近小门，这样他能更清楚的看到球是如何掷出的，将会向什么方向弹。如果这样，他就能更好地识别曲线球，或者另外两种球。但这是有风险的，如果击球手移错了方向，会使投球手更容易击倒小门。而且，如果击球手用身体阻挡了本可以击中小门的球，即他用身体有效庇护了小门，击球手就会出局。当他靠近小门时，这更有可能发生。

用博弈理论分析板球运动中的投球和击球，假定击球手极有可能出局时的收益为-1，极有可能击中球时的收益为1，其他情况为0。画出这个博弈的扩展式。在该博弈中，有适当子博弈吗？有信息集合吗？

14.9 另外一个蜈蚣博弈

图14-13展示了另外一个不同的蜈蚣博弈的扩展式。参与者是埃尔和鲍伯，收益序列的左侧表示埃尔的收益，右侧为鲍伯的收益。在每个阶段，参与者的战略是“传”和“抓”。

(1) 如果收益序列（Y, Z）是（5, 5），子博弈完美均衡是什么？为什么？

(2) 如果收益序列（Y, Z）是（8, 8），子博弈完美均衡是什么？为什么？

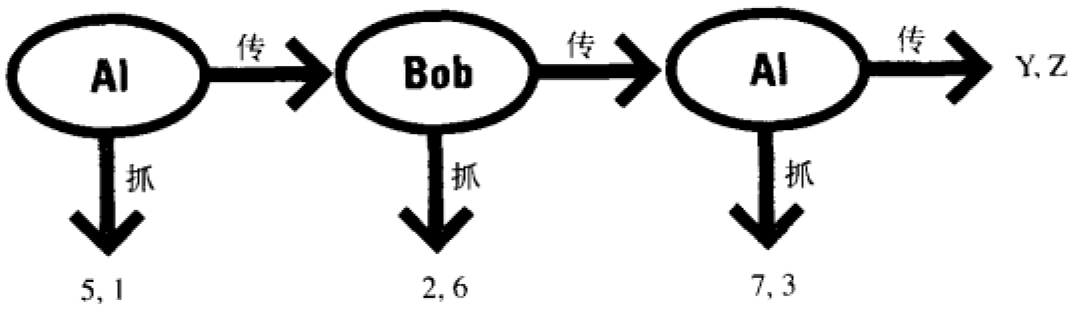


图14-13 不同的蜈蚣博弈

第15章

嵌套博弈

预备知识

- 为了更好地理解本章内容，你需要掌握1~8章和第14章的知识。
- 本章主要概念：嵌套博弈、嵌入博弈、前向归纳、改变规则。

序贯博弈的应用非常广泛。很多与人类行为有关的研究领域都会用到这类博弈，包括有望揭示人类本性的演化心理学的试验研究。本章将通过一些例子探讨序贯博弈的应用，并介绍前向归纳法及其他相关的方法。

博弈论建立在理性假设的基础之上，在序贯博弈中，理性就是子博弈完美均衡。虽然经验和事实都告诉我们，人们并不总是理性的，但是，在断定行为者的行为非理性前，最好还是根据理性假设探讨某种行为的各种可能性，因为这能够帮助我们选择最优反应。例如，在很多博弈中，参与者的行为看似不理性，但当我们意识到这个博弈只是更大博弈的一部分时，就能明白他们的行为是理性的。看似非理性的博弈都是**嵌套**（nested）或**嵌入**（imbedded）更大的博弈中的。在这种情况下，针对大博弈选择的最优反应就不是独立的小博弈的最优反应了。更为特殊的是，小博弈可能作为子博弈嵌套在序贯博弈中。本章将通过几个例子说明这一点。下面，我们先看一个关于学生课程计划的例子。

15.1 博士学习计划

满怀抱负的安娜正考虑攻读博士学位。诺贝尔·诺拉教授在软件工程和信息恢复方面十分出名。如果安娜能跟随诺拉教授学习软件工程，安娜就有希望在毕业后找一份极好的工作。然而，由于自身原因，安娜在信息恢复方面的前途却不这么光明。无论如何，安娜现在有一份好工作，如果攻读博士，就必须放弃工作。对诺拉教授来说，和安娜这样有能力的研究生一起工作会从中受益，而且项目组中还没有像安娜这样优秀的研究生。然而，诺拉教授近期的研究是关于信息恢复的，如果要指导软件工程方面的前沿课题，她就必须在这方面做些更新。诺拉正在巴黎度假，因此，在安娜确定研究方向之前她们不可能协商。如果诺拉和安娜在研究方向上不一致，安娜只能跟随相对逊色的学者，她的前景将变得一般。由于没有一流研究生的协助，诺拉的产出也会减少。图15-1给出了这个博弈的扩展式。

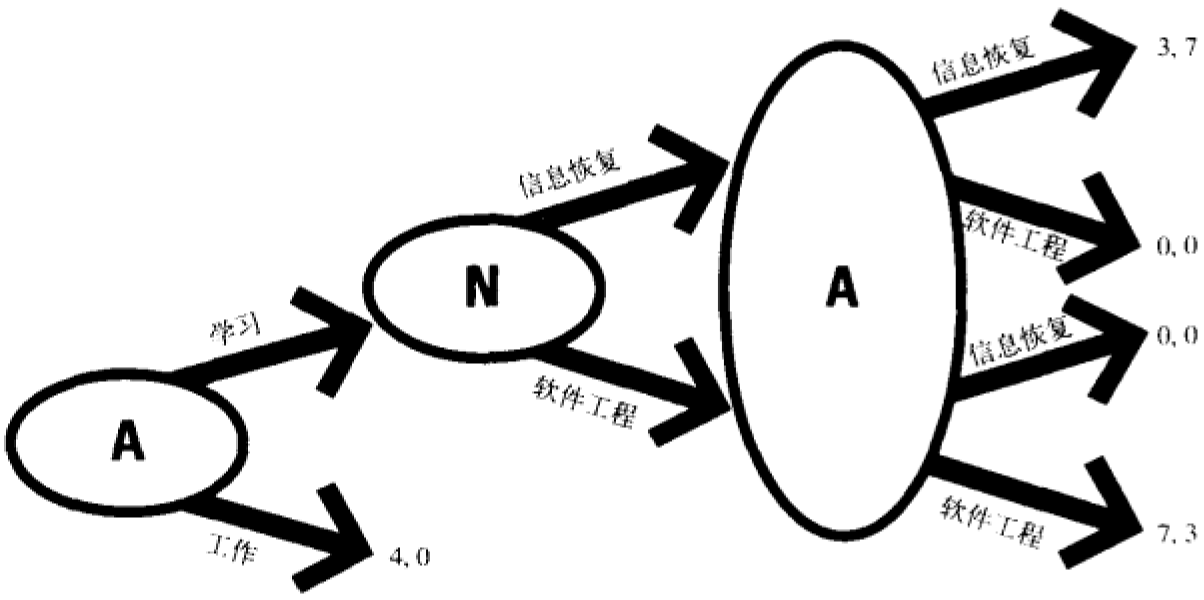


图15-1 安娜的博士学习计划

安娜的战略是维持她的工作（“工作”）或辞职去读博（“学习”），如果她读博，她与诺拉就都要面临研究方向的战略选择，即软件工程（SE）或信息恢复（IR）。这是一个两阶段博弈，第2阶段的子博弈是一个信息不充分的博弈。表15-1为第2阶段博弈的收益情况。

表15-1 博士学习博弈第2阶段的收益

		诺拉	
		信息恢复	软件工程
安娜	信息恢复	3, 7	0, 0
	软件工程	0, 0	7, 3

第2阶段的博弈是我们所熟悉的协调博弈，比较难解。纳什均衡在左上角和右下角，这时诺拉和安娜选择相同的研究方向。如果两人作相反的选择，就会陷入僵局，收益都为0。但是，如果没有上一阶段的信息，我们很难确定哪个纳什均衡将会发生，以及陷入僵局的可能性有多大。

然而，本例中诺拉有一些信息。尽管她不知道安娜将会选择哪个研究方向，但她知道安娜必须为了读博而放弃工作。既然安娜继续工作的收益为4，诺拉可推断，如果安娜的期望收益不大于4的话，她就不会读博。诺拉认为“她必须假定我将在软件工程方面作研究，这样她的收益是7，大于4，因为如果我在信息恢复方面作研究，她的收益只有3，小于4。由于她准备在软件工程方面作研究，如果我想得到的收益是3而不是0，我最好在软件工程方面为她准备一个好项目”。

这是**前向归纳法**（forward induction）的一个例子，要旨是诺拉根据对手在过去做过的选择进行推断，以此解决协调博弈的不确定性。诺拉能够推断出安娜对她的博士学习抱有很高期望，只有她们达成一致，研究软件工程才能实现安娜的期望。

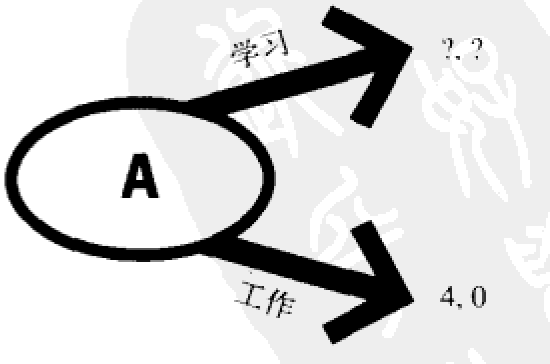


图15-2 通过后向归纳法而不是前向归纳法简化后的博士学习博弈

后向归纳法和前向归纳法之间没有冲突，实际上，它们相互补充。在表15-1所示的基本子博弈中，安娜读博的收益可能比继续工作的收益（即4）高，也可能低，这个问题就不能单纯地通过后向归纳法解决了。于是，把简化后的博弈如图15-2所示。这没有给出安娜作决定的明确基础。但是，当安娜把诺拉根据她的选择做出的推断以及这些推断对诺拉的影响也考虑在内的话，简化后的博弈如图15-3所示。此时，安娜就运用了前向归纳法。这样，通过前向归纳法和后向归纳

法，这个博弈的子博弈完美均衡就是安娜辞职，诺拉重新开始她对软件工程的研究。另一种方法是把安娜和诺拉的协同博弈嵌套在更大的博弈中观察。本例中，从大博弈中得到的信息使诺拉通过前向归纳法推断出安娜的选择。

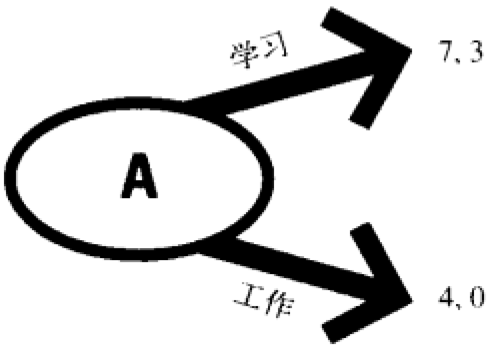


图15-3 通过后向归纳法和前向归纳法简化后的博士学习博弈

下面是嵌套博弈的另外一个例子，来源于一部经典电影。[1] 约翰·休斯顿（John Huston）是一位导演，亨弗莱·鲍嘉（Humphrey Bogart），彼得·洛（Peter Lorre），悉尼·格林斯特里特（Sidney Greenstreet）和玛丽·阿斯特（Mary Astor）是演员。

15.2 马耳他之鹰

在电影《马耳他之鹰》(*The Maltese Falcon*) 中，故事始于偷窃一个价值不菲的小鸟雕像的预谋。(如果你还没看过这部电影，就越过这个例子，因为我即将说出故事的结局。) 这个雕像是用金子做的，外面镶满宝石。然而，它的外层涂了一层漆用来掩饰金子和珠宝。电影开始前，卡斯帕·古特曼（悉尼·格林斯特里特饰）领导的一群骗子从伊斯坦布尔的占得凯米都 (General Kemidov) 偷走了这个雕像。古特曼的同伙约耳·开罗（彼得·洛饰）和一个叫莎安妮瑞的女人（玛丽·阿斯特饰）都背叛了古特曼，而且他们之间也相互背叛。莎安妮瑞带着雕像离开了，但是，在古特曼和开罗的追踪下，她无法以赚钱的价格卖掉雕像。

古特曼和开罗重新合作，在侦探山姆·斯贝德（亨弗莱·鲍嘉饰）的帮助下，他们在旧金山找回了这个雕像。他们擦掉了雕像上的一些漆，发现竟然是个赝品。开罗悲叹道："我们这么容易偷到它，真是不足为奇啊。"开罗并未说出他的本意——他们是如何容易偷到它的。下面是一个推想。也许占得凯米都（GK）可以选择两个战略：雇用警卫或不雇用。古特曼一伙（GG）可以选择以武力方式或非武力方式获得雕像。如果动用武力，就会有成本和风险，但这可使GG在即便有警卫的情况下也能偷到雕像。如果没有警卫，他们即使不动用武力，也能偷到雕像。于是，古特曼一伙认为他们参与了如图15-4所示的博弈。收益序列的左侧表示占得凯米都的收益，右侧表示古特曼一伙的收益。

表15-2 偷窃博弈

		GG	
		武力	非武力
GK	警戒	−5, 4	−2, −2
	不警戒	−8, 8	−8, 10

表15-3 赝品雕像的偷窃博弈

		GG	
		武力	非武力
GK	警戒	−3, −2	−3, 0
	不警戒	−1, −2	−1, 0

1 乔治·特比利斯的著作《嵌套博弈：比较政治的理性选择》认为，很多政治冲突最好看做是嵌套博弈。他描述的很多嵌套博弈并不是嵌入博弈，要点是，观测到的行为反映出嵌套博弈的均衡，但如果单独考虑嵌套博弈，行为也许就不是理性的了。(George Tsebelis, *Nested Games: Rational Choice in Comparative Politics*, Berkeley: University of California Press, 1990)

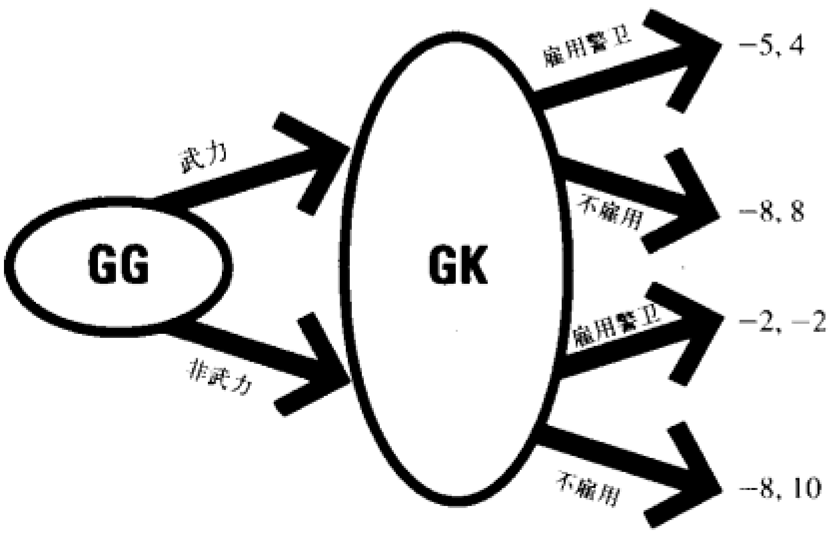


图15-4 偷窃博弈

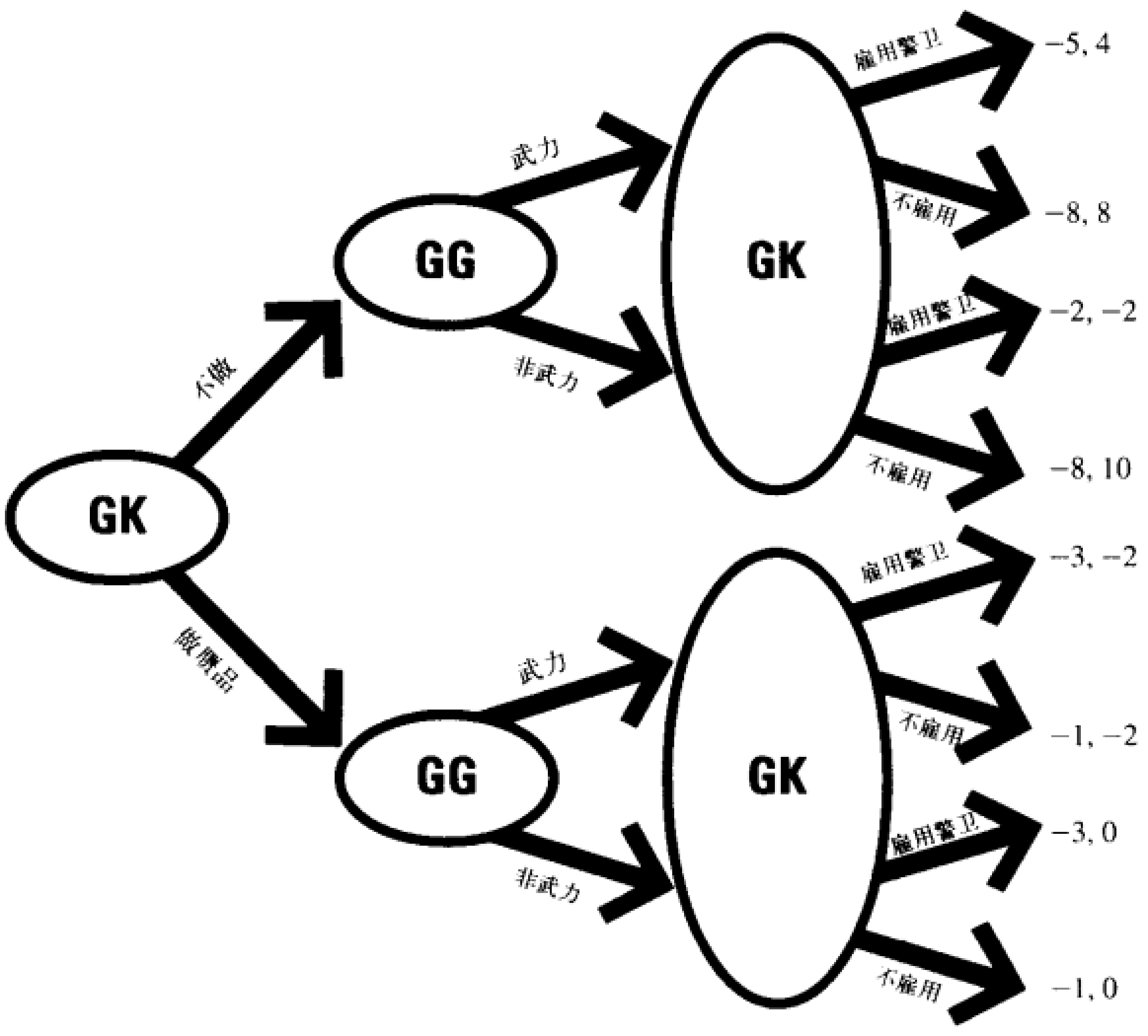


图15-5 赝品雕像的偷窃博弈

偷窃博弈是一个非完全信息博弈。表15-2给出了它的标准式。收益序列中，左侧表示GK的收益，右侧表示GG的收益。在这个博弈中，警戒是GK的占优战略。于是，我们可以推断出，GG的最优反应是动用武力。实际上，他们发现没有警卫保护雕像，这样他们的收益就是8。

然而，GK还有一个战略，他可以在偷窃博弈发生前选择这个战略，古特曼一伙恰恰忽视了这个战略。这个战略就是做个赝品，并把它放到骗子容易偷到的地方。结果，骗子们实际参与的是一个更大的博弈，如图15-5所示。这个博弈有两个基本子博弈，它们都是非完全信息的。我们已经解出了上侧的博弈，它的纳什均衡是（警戒，武力），收益是（−5, 4）。表15-3展示了下侧的博弈。

对GK而言，做赝品、不警戒是占优战略，收益为−1。在其下面的子博弈中，（不警戒，非武力）是占优战略均衡。这样，图15-5的博弈可以简化为图15-6所示的情形。显然，子博弈

完美均衡是占得凯米都制作赝品，不实施警戒，让古特曼一伙偷赝品。

开罗以为，占得凯米都把雕像放在容易被偷到的地方的行为是非理性的，是个愚蠢至极的大错误。但是，开罗和古特曼一伙没有意识到他们的偷窃博弈嵌入了更大的博弈中。在大博弈中，占得凯米都的行为是理性的。如果古特曼一伙意识到他们参与的是更大的博弈，而不仅仅是嵌套在其里面的博弈，他们就可能像我们一样很容易地推断出制作赝品是占得凯米都的占优战略，从而选择不同的战略——不用武力偷窃雕像，或根本就不去偷。

图15-6 简化后的赝品雕像的偷窃博弈

这是一个应用很广的思想，即在大博弈中理性的行为对嵌套其中的小博弈来说可能是非理性的。这带来了另一种可能结果：人们尽量通过某些途径，把其参与的博弈嵌套入别的博弈中。让我们通过回顾上一章中的蜈蚣博弈来说明这个问题。

15.3 求解蜈蚣博弈

图15-7是上一章所讨论的蜈蚣博弈，它的子博弈完美均衡是立即“抓”，这是无效率的，问题出在没有承诺上。但是，有一个简单且相当普遍的方法能够解决这个问题。假设B能够向第三方签订一张2美元的债券，约定只要她没能“传”坛子，就会失去债券；如果选择了“传”，债券最终将归还于她。这一做法在博弈开始时引入了一个新的战略。B可以选择是否放弃她的自由和机动性，约束自己在博弈的每个阶段都选择“传”。即使B单方签署债券，她的情况也会变好。单方的最初承诺是子博弈完美均衡，并带来了有效率的合作结果。

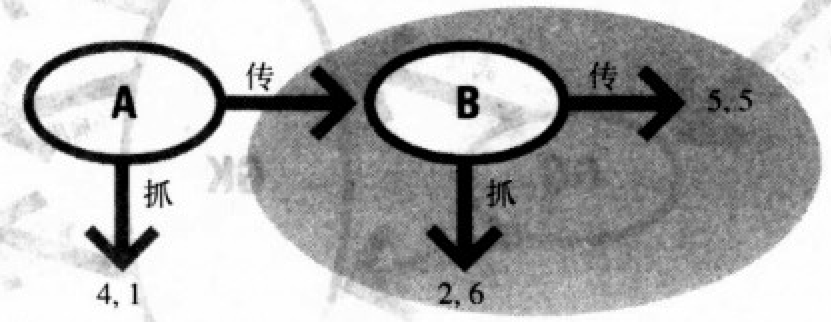


图15-7 蜈蚣博弈

图15-8展示了嵌入债券罚金后的博弈。我们依然用后向归纳的方法，B现在的决策收益是4或5，显然5更好，所以B会在最后一个阶段选择“传”。预料到B的选择后，A的决策收益是4或5，她同样会选择“传”以获得数额为5的收益。这样，债券使子博弈完美均衡变成了合作均衡。

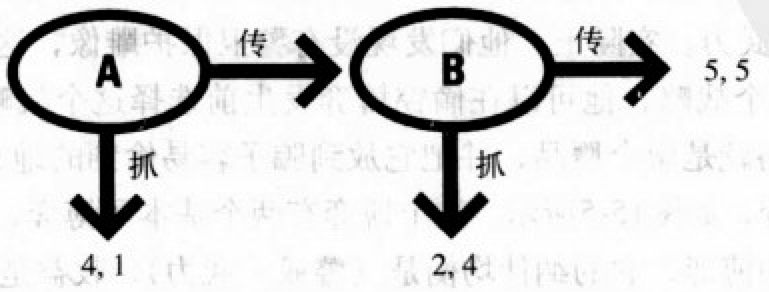


图15-8 签发债券后的蜈蚣博弈

但严格说来，图15-8并不是嵌入债券罚金后的完整博弈。我们现在面临的实际是一个三

阶段的博弈，第1个阶段是B决定是否签发债券。这个更大、更复杂的博弈的扩展式如图15-9所示。

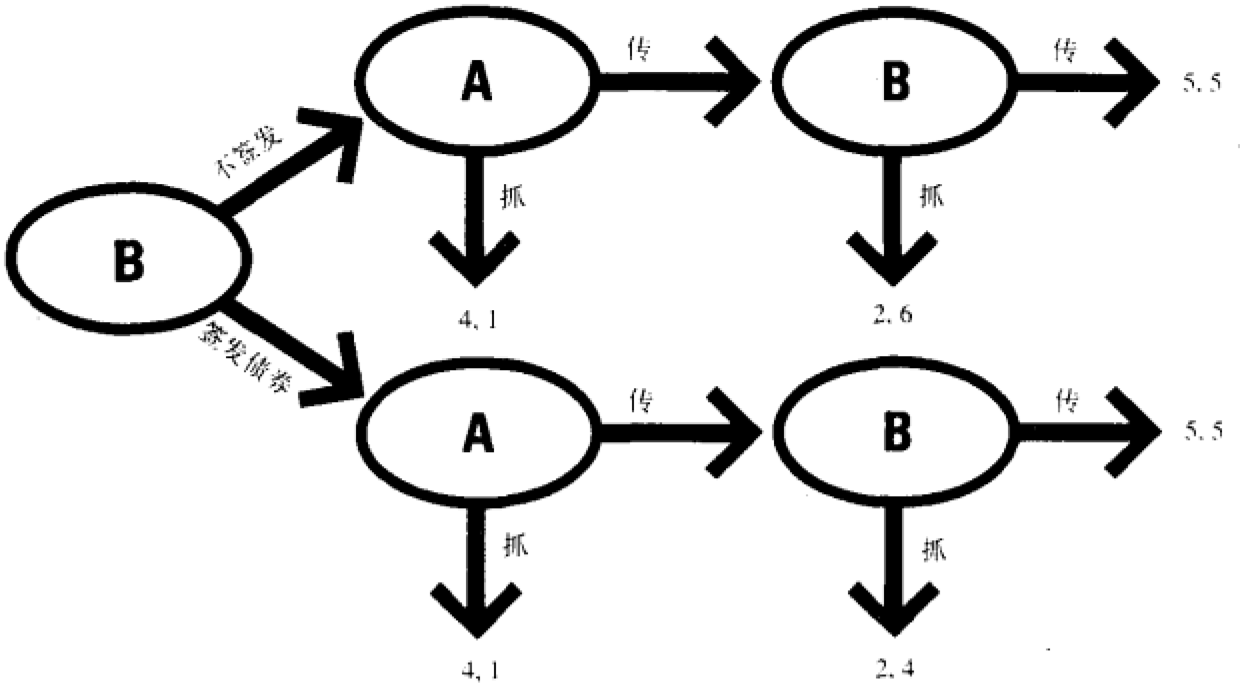


图15-9 可选择签发债券的蜈蚣博弈

这个三阶段的博弈虽然稍微有些复杂，但我们已经做完了大部分的工作。我们将借助后向归纳法，从末端开始，依次简化博弈，倒着推出B在开始时的决策。由于已经解完了两个主要分支的子博弈，图15-9可以简化为图15-10。

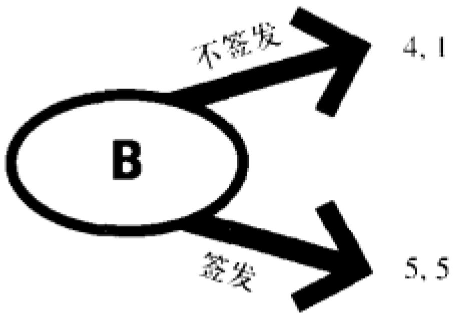


图15-10 简化后带有债券的蜈蚣博弈

现在看来，B的选择无需动脑。签署债券的收益为5，不签署的收益仅为1，B会毫不犹豫地选择签署债券。值得我们注意的是，B的理性利己主义使她主动放弃了一个选择，自发地限制了自己未来行为的自由。这是蜈蚣博弈模型中令人惊奇的结果。而且，即使她偿付了债券，A也得不到，两人都得不到。因此，如果偿付了债券，将得不到任何补偿，这是两个参与者的损失——是自我损失。从参与者的角度来说，债券如果得到偿付，它就是无效率的。正是这个无效率使有效率的合作结果成为可能。[2]

在一些博弈中，单方限制灵活性的承诺能够提高参与者双方的收益，蜈蚣博弈只是其中之一。下面我们再看一个例子，即上一章所讲的冷战的例子。

15.4 再看反击

我们回忆一下，美国已经在西德部署军队作为绊网。如果不在西德部署军队，美国反击苏联的威胁就是不可信的。通过部署军队，美国有效地改变了博弈的规则。所部署的军力虽然不足以击退苏联的进攻，但却能使“反击”成为为子博弈完美均衡，反击的威胁变得可信，从而吓退了苏联的进攻。

美国之所以能够**改变规则**（change the rules），是因为反击博弈嵌套在更大的博弈中，决

2 如果A得到了债券，合作的结果依然是子博弈完美均衡，因而不存在低效率。但这不是我们在模型中假设的。模型表明即使承诺是低效率的，仍会导致有效率的均衡，这个结论看起来更令人惊讶。

定是否部署军队只是其中的一步。图15-11展示了这个博弈。

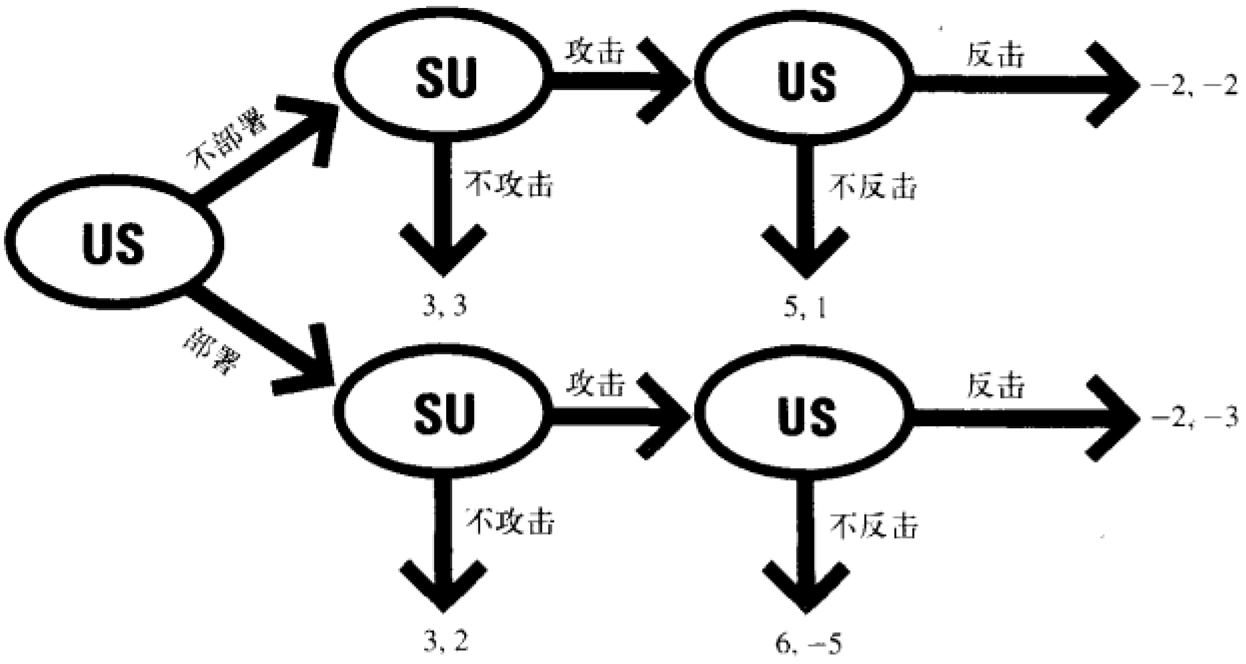


图15-11 嵌入反击子博弈的冷战

在冷战博弈中，第1步是美国决定是否部署军队。子博弈完美均衡是（部署，不攻击），此时苏联收益为3，美国收益为2。这是一个不稳定的和平，虽然并不是我们所预想到的最好结果，但在当时情景下却是最有效的。通过把博弈嵌入更大的博弈中，美国能够改变规则。这一点，工会也能做到。

15.5 为什么有罢工

罢工是20世纪的常事，在21世纪也不会消失。人们（特别是雇主）有时会说，罢工对任何人都没好处，因此是不理性的。常识告诉我们，罢工是雇员为了争取更好的报酬和工作环境而使用的威胁。但是，这不是问题的根本所在。就像我们所看到的那样，如果每个人的行为都是理性的，每个人都知道在做什么，这时威胁就不可信了。

认为罢工是非理性的人可能如下推理：假设雇员有两个战略——罢工或不罢工；雇主也有两个战略——让步，即提高工资改善工作环境，或不让步。雇主做出让步要比不让步的损失小，罢工会让雇主和雇员两败俱伤。假设雇主和雇员的博弈是非完全信息的，收益矩阵如表15-4所示。其中的数字只是用来表明收益的排序，1代表差，4代表最好，而不是绝对的数字。

表15-4 罢工博弈

		雇员	
		罢工	不罢工
雇主	不让步	1, 1	4, 2
	让步	2, 3	3, 4

从表15-4可以看出，如果没有罢工，雇主的收益总是最好的。如果发生了罢工，雇主可以通过让步来迅速终止罢工，提高自己的收益。然而，如果雇主在没有罢工时做出让步，它的收益就会减少。这好像解释了我们对罢工的基本认识，即罢工是雇员争取雇主让步的必要威胁。但它同时也说明，如果雇员是理性的，他们将永远都不罢工，因为不罢工是雇员的占优战略。

但是，罢工却还是发生了。这是怎么回事呢？

这个罢工博弈同样嵌套在更大的博弈之中。雇员希望使罢工的威胁变得有效，他们可以这么做：加入一个强硬的不惧怕斗争的国际协会。我们看看这个问题是如何解决的。通过加入协

会，雇员放弃了是否决定罢工的自由。实际上，罢工的决定由专业的大个子协会（union tough guy）（UTG）制定，而罢工对UTG来说是没什么损失的。UTG的收益与它的强硬名声成正比。我们假定，不管是在雇主毫不让步的情况下UTG领导了罢工，或是还没罢工雇主就已经做出了让步，UTG的收益均为1，因为这两种情况都提高了UTG的强硬名声。如果没有罢工，雇主也不让步，UTG就会损失1，因为这损害了UTG的强硬名声。如果领导罢工使得雇主让步了，UTG则不赔不赚，因为这只是达到了每个人对UTG的平均期望，不会提高UTG的强硬名声。

这是一个序贯博弈，它的扩展式如图15-12所示。其中E表示雇员，R表示雇主，G表示UTG。收益序列中，左侧表示雇主，中间表示雇员，右侧表示UTG。雇员的收益不考虑会费，我们在稍后讨论这个问题。

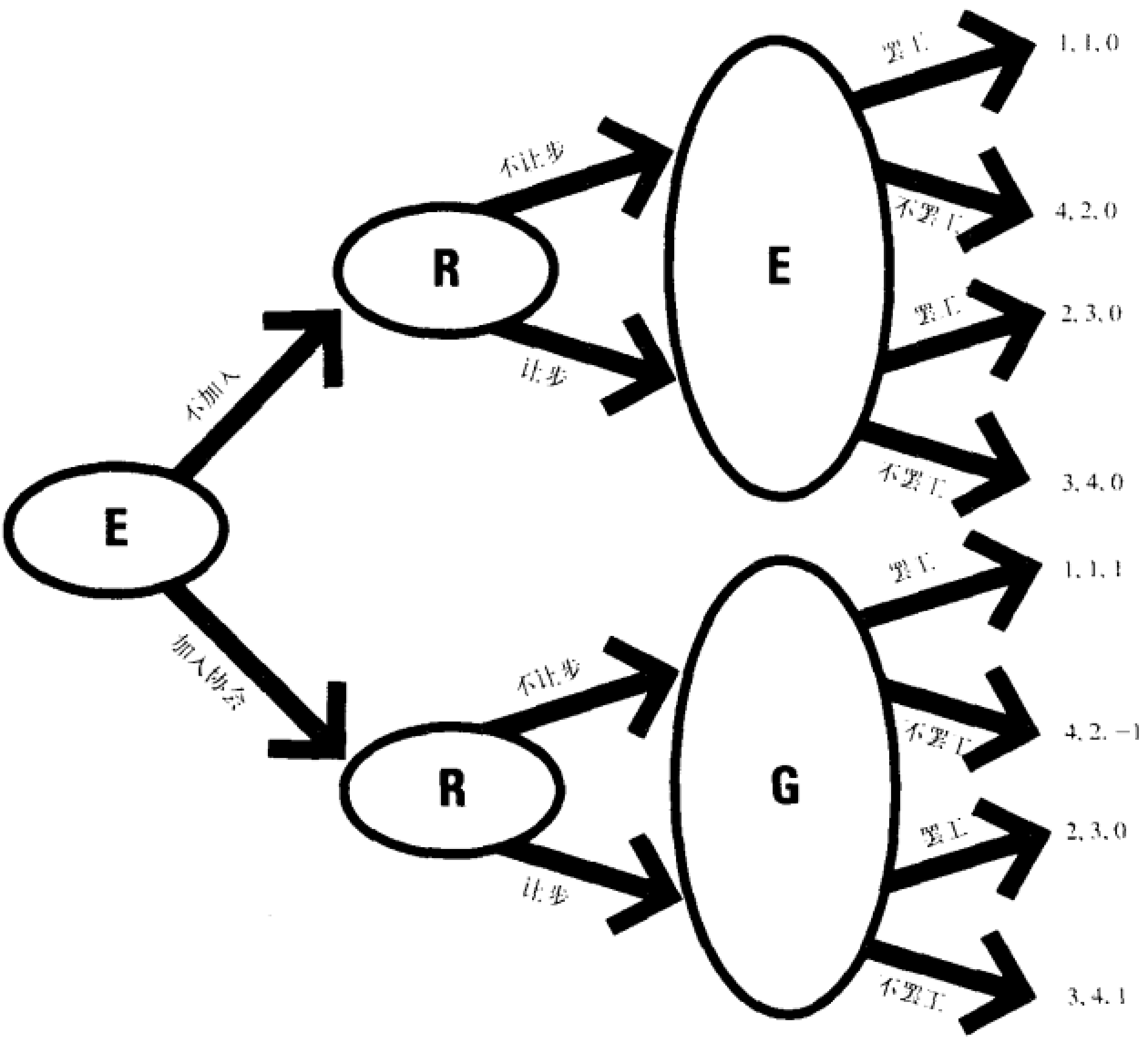


图15-12 加入协会后的罢工博弈

在第1阶段，雇员决定是否加入国际协会。如果他们不加入，此时的博弈和我们以前看过的博弈一样，即图中上侧的基本子博弈。如果他们加入，我们得到下侧的基本子博弈，这不是雇主与雇员之间的博弈，而是雇主和UTG之间的博弈。

表15-5 加入协会后的罢工博弈

		UTG	
		罢工	不罢工
雇主	不让步	1, 1, 1	4, 2, -1
	让步	2, 3, 0	3, 4, 1

表15-5展示了这个博弈的标准式。收益序列的顺序和图15-12一致。

雇主的收益和以前一样，但是UTG的收益却与雇员的收益完全不同。就纯战略而言，这个博弈没有均衡。但是，就像其他非合作博弈一样，它也有一个均

衡，既然不存在纯战略均衡，那么肯定就有混合战略均衡。通过代数运算，我们发现，当UTG号召罢工的概率是1/2，雇主做出让步的概率是2/3时，该博弈会存在一个均衡。

如何解出雇员的收益呢？既然四种结果都有发生的概率，我们可以计算出雇员收益的期望值（假设他们不是完全的风险厌恶者）。期望值为

$$EV(\text{雇员}) = \left(\frac{1}{3}\right)\left(\frac{1}{2}\right)(1) + \left(\frac{1}{3}\right)\left(\frac{1}{2}\right)(2) + \left(\frac{2}{3}\right)\left(\frac{1}{2}\right)(3) + \left(\frac{2}{3}\right)\left(\frac{1}{2}\right)(4)$$
$$= \frac{1}{6} + \frac{2}{6} + \frac{6}{6} + \frac{8}{6} = 2\frac{5}{6}$$

但是，上述收益没有考虑雇员向UTG缴纳的会费。我们必须从中扣除掉UTG的收益[3]。（由于UTG的一部分收益为名誉，即可能从另一个雇员群体中得到的未来收益，因此，现在博弈中的雇员可能根本就不用向其付费。然而，我们仍将假设，雇员须向该组织进行支付，因为我们想看一下在最坏的情况下，雇员的收益是多少。）UTG的收益同样以期望值的形式计算：

$$EV(\text{UTG}) = \left(\frac{1}{3}\right)\left(\frac{1}{2}\right)(1) + \left(\frac{1}{3}\right)\left(\frac{1}{2}\right)(-1) + \left(\frac{2}{3}\right)\left(\frac{1}{2}\right)(0) + \left(\frac{2}{3}\right)\left(\frac{1}{2}\right)(1)$$
$$= \frac{1}{6} - \frac{1}{6} + 0 + \frac{2}{6} = \frac{2}{6}$$

这样，从雇员收益中扣除UTG的收益后，我们得到雇员的净收益：

$$2\frac{5}{6} - \frac{2}{6} = 2\frac{1}{2}$$

既然已经解出了两个基本子博弈，我们现在就可以把图15-12所示的博弈简化为图15-13所示的雇员是否加入UTG这一国际协会的博弈。如果加入，他们的期望收益值为2.5，反之为2。当然，加入协会的收益2.5是有风险的，如果雇员十分厌恶风险，这个平均收益的增幅对他们来说可能不够。然而，如果他们不是十分厌恶风险，他们将选择加入。本例中，国际协会的领导者的收益与雇员不同，他们会频繁地号召罢工，以使雇主让步的概率从0提高到2/3。

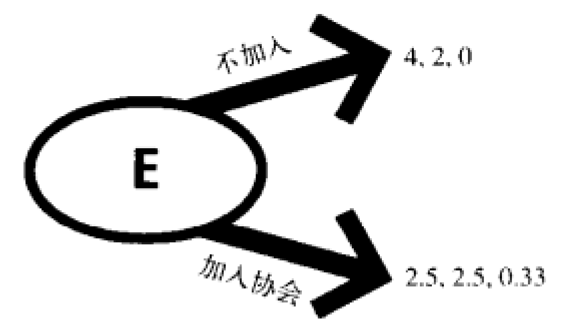


图15-13 简化的加入协会的罢工博弈

我们对“为什么有罢工？”有了答案，这是因为可靠的罢工能获得雇主足够的让步，因而罢工物有所值。然而，在只有雇主和雇员的两方博弈中，雇员不能使罢工成为可信的威胁，因为他们的占优战略是不罢工。实际上，雇员通过把这个博弈嵌套进更大的博弈之中，使罢工威胁变得可信。在大博弈中，国际协会也是一个参与者。虽然协会的官员有时被称做协会暴徒——当然这是一个贬损的称呼，但他们的存在是有价值的。他们的强硬名声和斗争经验使他们成为雇员的有力后盾。正因为如此，在大博弈中，雇员的收益比在小博弈中的收益要多，即便扣除会费后还有剩余。由此可见，没有人的行为是非理性的，也没有人会相信别人的行为是非理性的，罢工是一种理性行为。

小结

嵌套博弈，即参与者的战略选择融入一个更大的博弈时，对博弈理论家和参与者都提出了

3 本处假定UTG的收益就是雇员缴纳的会费。——译者注

挑战。对博弈理论家来说，不能把嵌套博弈看做是一个完整的博弈孤立地进行分析，否则就会误入歧途或得不到最好的结果。如果嵌套博弈是一个扩展式博弈的适当子博弈，我们称它为嵌入博弈。单独分析嵌入博弈只是求解被嵌入博弈的子博弈完美均衡的其中一步。现实生活中，人们的行为总是嵌套在更广泛的背景中。博弈理论家们需要划分博弈间的界线，并通过一定方式进行分析，以使误差最小化。例如，要虑及嵌套博弈中的参与者可能利用由前向归纳得到的关于被嵌套博弈的信息，或通过在嵌套博弈的早期阶段选择不同的战略来"改变规则"等因素。由于嵌套博弈的均衡战略对被嵌套博弈来说可能是非理性的，博弈理论家们还需要在分析嵌套博弈时正确地运用理性假设。

对博弈的参与者来说，他们必须需要了解博弈的类型。如果参与者把嵌套博弈看做是孤立的子博弈，就可能无法选择最优反应战略，如电影《马耳他之鹰》中的人物；也无法利用可获得的信息，如诺拉教授；也无法保证双赢的合作结果，如蜈蚣博弈；更无法阻止敌人的攻击，如冷战时期美国和苏联的对峙。

嵌套博弈和嵌入博弈总是充满了挑战。当我们理解了我们认为正在参与的博弈，或我们认为正在学习的博弈时，我们真的就完事了吗？它是否是更大博弈的一部分？了解这个大博弈能让我们对人们的决策做出更好的解释，或改善他们的决策以达到他们的目标吗？

练习与讨论

15.1 院长的谈判

几年前，派塞尔（Pixel）大学为下属的尼特（Neat Stuff）学院招聘院长。派塞尔大学物色到了一名满意的院长候选人，但这名候选人要求，派塞尔大学必须为尼特学院新建一座办公大楼，否则就拒绝应聘。谈判进行了好几个月，最终，学校通过发行债券新建了大楼，候选人签署了应聘合同。

图15-14展示了谈判博弈的扩展式。P代表派塞尔大学，D代表院长候选人。从中可以看出，如果学校不发行债券，而候选人依然选择应聘，那么派塞尔大学有三种战略选择：（1）先向院长候选人承诺建办公大楼，等他签署聘书后再拒绝建新办公大楼，但翻新旧主楼；（2）聘请该候选人，并建设新的办公大楼；（3）拒绝聘请他，但是翻新旧主楼。图15-14假定，学校一旦发行了债券，就再也不能拒绝建设办公大楼，因为用债券筹来的资金不能挪为他用。因此，如果派塞尔大学选择发行债券，候选人选择应聘，此时派塞尔大学只能选择建设大楼或拒绝聘用该名候选人。

这个博弈的子博弈完美均衡是什么？院长候选人为什么签署合同？谁改变了这个博弈的规则？如何做到的？

提示：这一谈判博弈嵌入在了一个更大的博弈中。

15.2 公司合伙人

运输设备公司（TECORP）主要向城市巴士服务站销售公共汽车。公司的顾客关心空气污染，因此TECORP打算把汽车的动力更换为燃料电池。皇后山公司（QHP）已熟练掌握了这项技术，TECORP请求QHP为它的公共汽车生产动力设备。然而，这需要QHP耗费很大一笔钱建造一个专门的工厂，买主将只有TECORP一家。QHP考虑到，TECORP如果要求重新谈判价格，QHP只能被迫同意，这样就会有损失。假设：

- 如果无法达成协议，收益为（0, 0）；
- 如果达成协议，且不重新谈判，收益为（100, 100）；

- 如果TECORP要求重新谈判，QHP拒绝，收益为（0, −100）；
- 如果TECORP要求重新谈判，QHP让步，收益为（200, −50）；
- 收益单位是百万美元、左侧是TECORP的收益，右侧是QHP的收益。

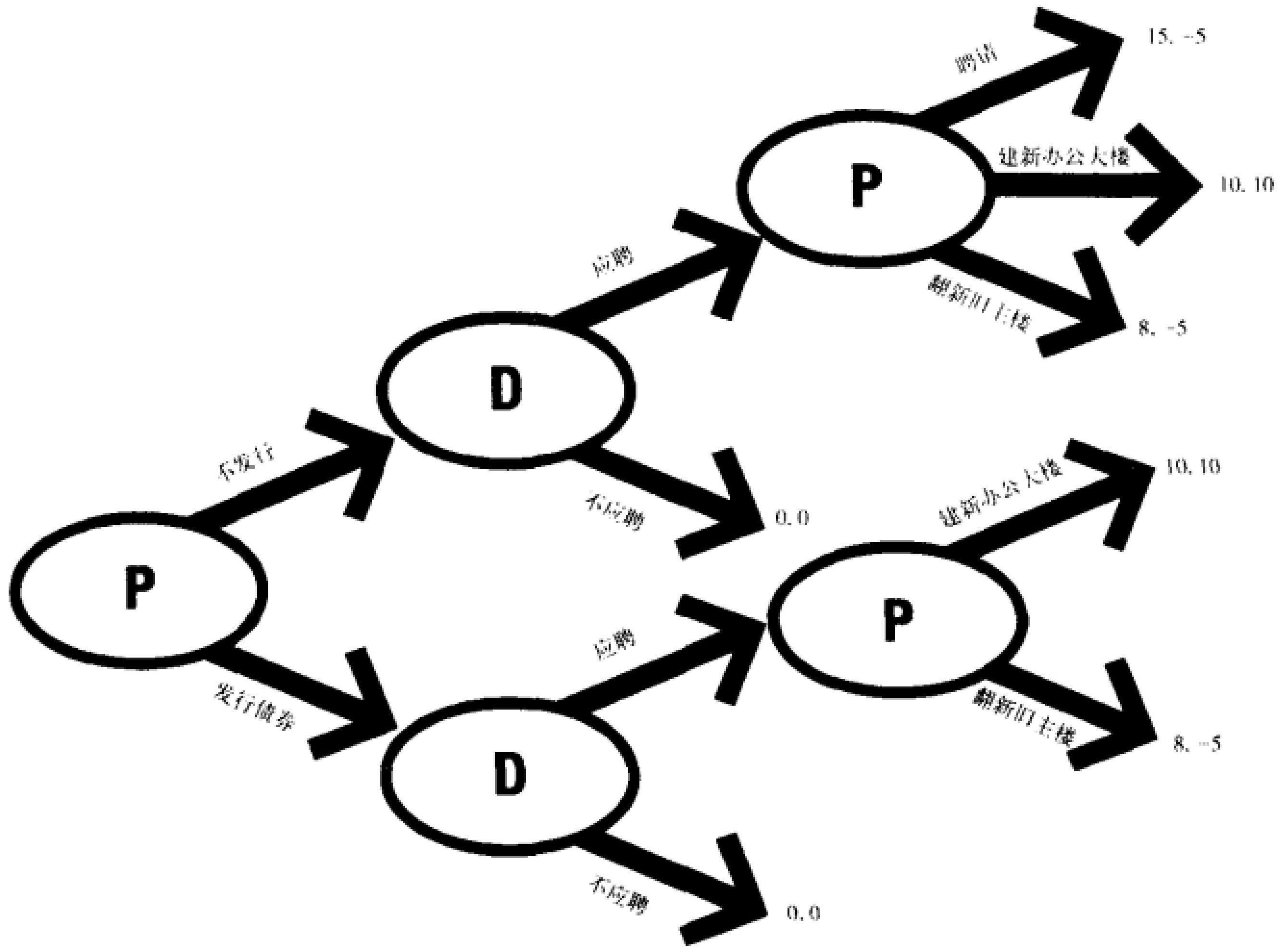


图15-14　院长的谈判

用树形图表示这个博弈的扩展式。通过后向归纳法找出均衡。QHP的主要股东建议合并两个公司。合并将如何改变上述博弈的均衡和分析过程？根据嵌入式博弈做出解释。

15.3　免费样本

埃克米卡通设备公司（ACE）根据合同，依靠其他公司供应的半成品组装卡通设备。然而，有两类供应商：R类（可靠的）和U类（不可靠的）。当ACE接见一个潜在供应商时，其有两个战略：购买或不购买。一些供应商提供免费样本，还有一些不提供。对R类供应商来说，博弈的扩展式如图15-15所示。其中收益序列的左侧是ACE，右侧是供应商。节点S是供应商的决策点，决定是否提供样本，节点B是购买者的决策点，决定购买或不购买。然而，当供应商是U类时，收益则如图15-16所示。

ACE不知道供应商的具体类别。假设供应商是R类的概率为0.5。

两个博弈的子博弈完美均衡分别是什么？如果供应者是R类或U类的概率都是0.5、购买者的最佳选择是什么，收益是多少？假设ACE选择只购买提供样品的供应商的产品，供应商知道这一点，结果会如何变化？根据嵌入式博弈做出解释。

15.4　山姆侦探

在电影《马耳他之鹰》中，山姆侦探告诉莎安妮瑞小姐，不要对他不老实的名声信以为真。他说，名声给他带来了高价生意并有助于对付敌人。讨论这个推理，并用嵌入博弈描述出来。

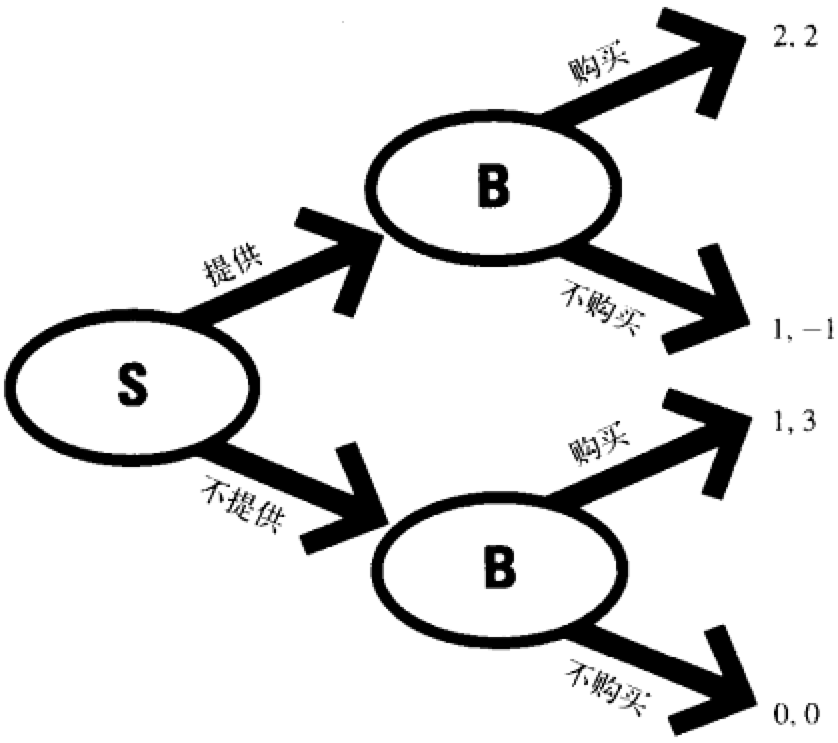


图15-15 R类供应商的供货博弈

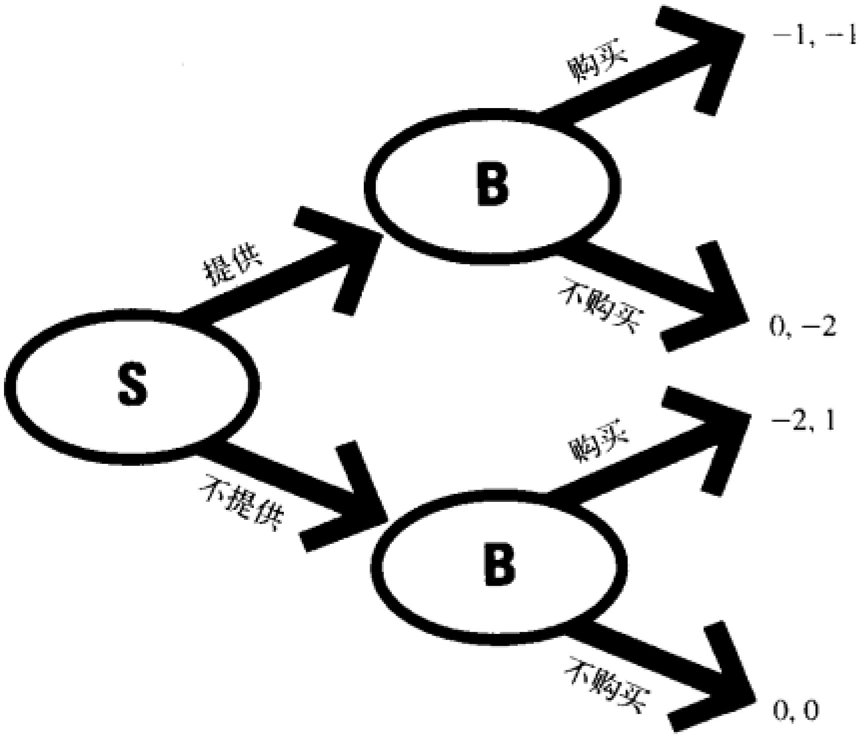


图15-16 U类供应商的供货博弈

15.5 热狗定价

弗兰克和厄尼斯特在相邻的自动售货车中出售热狗。每周他们选择定价为1.5美元或2美元，表15-6展示了他们的收益，厄尼斯特的收益在前。

这个博弈的非合作均衡是什么？弗兰克去找厄尼斯特，希望两人在定价上达成协议。弗兰克的建议是，他们都签署9美元的债券，如果一人降价而另外一人没有，降价者就丧失了债券，另外一人得到债券。这能使他们之间的价格博弈产生合作性结果吗？根据嵌入式博弈解释你的答案。

表15-6 热狗商贩的收益

		弗兰克	
		1.50美元	2.00美元
厄尼斯特	1.50美元	10, 10	18, 5
	2.00美元	5, 18	12, 12

15.6 鉴定

大学鉴定机构经常为鉴定强加条件，大学和学院

发现这样代价即高又不方便。例如，商学院的评估机构——美国管理学院联合会（AACSB）要求，至少一定比例的学分由有博士学位的全职教师教授，晚上上课的标准要与白天上课的标准一样。这使得商学校的院长不能随意聘请廉价的兼职教师讲授晚上的课程，而这个战略可为学校带来高利润。然而，AACSB的政策是由各商学院院长组成的一个委员会决定的。

利用嵌入博弈和博弈的扩展式，解释为什么商学院的院长愿意放弃他们制定政策的自由和赚钱的机会。以下是你分析中可能用到的背景信息：（1）院长经常因争取资源而必须与高层管理者、校长、副校长谈判；（2）如果人们普遍认为，大部分的商科教育夜校由资历较差的教师讲授，他们就不愿意接受这类教育；（3）通过提高进入商学院市场的标准，减少了不符合这些标准的学校进入，这样，规模大、财力强的商学院会从中受益。

15.7 代理

在应用博弈论的大量经济学文献中，代理模型时常被用到。例如，公司经理是股民的代理。对公司制度的批评就集中在这一点上。例如，亚当·斯密写道，“这类公司的领导者，与其说是他人钱财的管理者，还不如说是自己钱财的管理者。他们不可能像合伙公司中合伙人关注自己的钱财那样处心积虑地关心公司的钱财……这样，在这类公司的事务管理过程中，疏忽和挥霍不可避免地流行着……建立股份合资公司（即有限公司）……当然不合理……”[4]然而，很多现代的公司制企业用股票期权替代部分工资，以鼓励经理关注企业的资产。

举一个非常简单的例子，假设一个有限公司的首席执行经理可以选择高努力（H）或低努力（L）。如果选择H，公司的股票价值为2000万美元，反之为1000万美元，企业支付他的报酬要从股票价值中扣除。这样，如果他的工资为300万美元并选择L，那么股东的收益就为$10-3=7$。如果经理选择L，他的博弈收益就是工资；如果选择H，他的博弈收益为工资减去200万（200万是他额外付出的努力的成本）。这样，如果他的工资为300万美元并选择H，他的收益为$3-2=1$。股东可以选择付给他300万美元的工资或给他占股票总价值q比例的股票期权。这样，如果经理的报酬是股票期权，并选择H，他的博弈收益为$20q-2$，股东得到$20(1-q)$。股东首先选择战略，并通过签订雇用合同保证其实施。

画出这个问题的树形图。如果要使经理人愿意选择战略H，q至少为多少？当q最大为多少时，提供股票期权是股东的子博弈完美均衡？股东收益的上限是多少？如果选择支付工资，经理人选择H，股东还能得到这么多吗？由于2001～2002年的公司会计丑闻，引发了很多关于公司CEO以股票期权形式得到的巨额报酬的议论。在这个模型中，CEO以股票期权形式得到的最大报酬由什么决定？

---

4 见Adam Smith, *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations* (Oxford: Clarendon Press, 1976), Bicentenary Edition edited by R. H. Campbell, A. S. Skinner, and W. B. Todd, v. 2, pp. 741, 757. 也可以在线访问麦克马斯特大学关于经济学思想史的2003年6月9日的存档文件，网址：http://www.socsci.mcmaster.ca/~econ/ugcm/3113/smith/wealth/wealbk05。这些文章和大量乏味的历史详情，被一些版本删除了。

第16章 重复博弈

预备知识

- 为了更好地理解本章内容，你需要掌握1~4、6~8和第14章的知识。
- 本章主要概念：重复博弈、大众定理、有限重复博弈。

到目前为止，我们所研究过的博弈都是一次性的，好像参与者接触一次就再也不会碰面了一样。这在有些场合显然是合理的。例如，在政治博弈中，有句古老的谚语告诉我们："下届选举后，明天将不复存在。"当两辆车在十字路口相遇时，驾驶员随机参与驾驶博弈，他们再次相遇的概率很小，可以忽略不计。但是，如果他们住在同一个街区，就不是随机相遇了。他们可能会一次又一次地相遇，直到对对方的习惯了如指掌。对类似于广告博弈的社会两难问题，我们关于博弈只进行一次、参与者此后不再相互影响的假设是非常错误的。实际上，同类公司每年都要在同一个市场中竞争。

在博弈论发展的初期，学者们就猜测**重复博弈**（repeated game）会改变社会两难的结果。这个猜测是如此让人信服，就像已经得到证明一样。如今，博弈理论家常常提及**大众定理**（folk theorem）——这里的"大众"与大众故事中的"大众" 意思相同。该定理说的是，重复性的博弈很有可能使社会两难博弈产生合作性的结果。实际上，对于这一点，既不存在定理，也没有证明，只是人们都这样认为。虽然理论研究已经证明，社会两难中的重复博弈要比大众定理复杂得多，但无论如何，大众定理总还有正确的成分。本章将通过一个简单的两人博弈探讨重复博弈的复杂性，下一章再分析现实中的重复博弈问题。下面是一个重复博弈的例子，反映的是公共物品提供中的社会两难。

16.1 露营者的难题

阿曼达和巴菲是夏日露营的管理员，她们一起住在一个有电视和DVD的房间里。DVD碟片可以从露营商店中租借，每周末5美元。阿曼达和巴菲在周末看DVD的收益都是4美元。如果她们在某个周末各自租借一部DVD碟片，那么每人的收益为8美元，成本是5美元。她们的战略是租借或不租借，DVD租借博弈的收益如表16-1所示。

表16-1 露营者的难题

		巴菲	
		租借	不租借
阿曼达	租借	3, 3	−1, 4
	不租借	4, −1	0, 0

我们发现，这个博弈与公共物品提供博弈非常相似，是另一个社会两难问题。实际上，对两个露营者来说，DVD碟片就是公共物品。图16-1展示了这个博弈的扩展式。

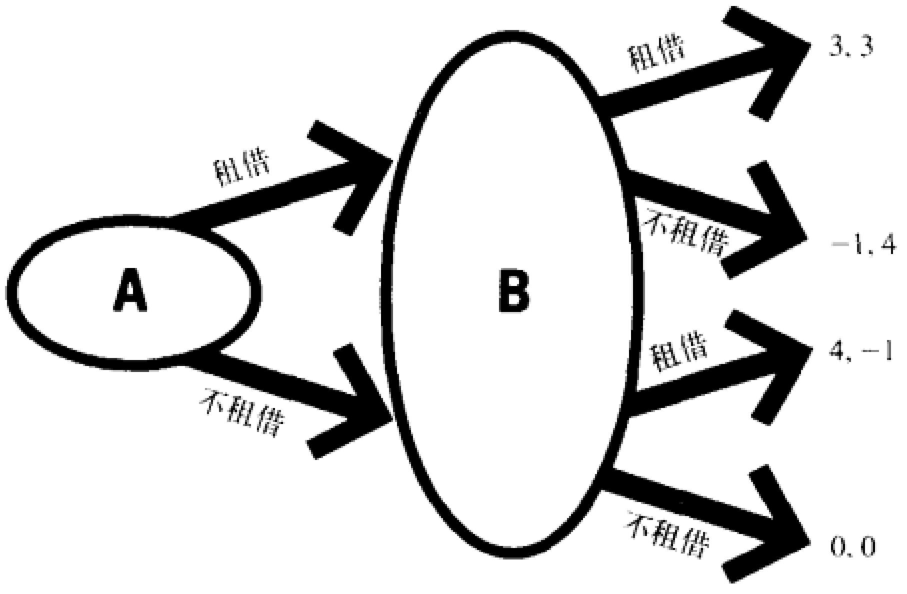


图16-1 露营者的难题

在社会两难中，基本上有两个战略：合作和背叛，在本例中，就是租借和不租借。背叛是指参与者选择不合作战略，这对潜在的合作协议是一种背叛。

社会两难是个问题！但是，也许根本就称不上问题。毕竟，夏天刚刚开始，她们10周后才会返回位于不同州的校园开始她们的秋季课程。看上去，她们将选择合作，至少在开始几周。就本例来说，如果阿曼达在本周选择租借，巴菲将在下周租借，以此回报她。如果阿曼达在本周选择不合作战略，即不租借，巴菲将在下周甚至随后几周都不租借，以此来惩罚或制裁她。

但是，这是理性的最佳反应战略吗？为了回答这个问题，我们必须使用扩展式博弈理论和子博弈完美均衡概念。令人惊奇的是，合作并不是最佳反应战略。为了证明这一点，我们假设DVD博弈只有两个阶段，扩展式如图16-2所示。

这个两阶段的露营者难题有四个基本适当子博弈，如图中灰色椭圆所示。我们首先运用后向归纳法求解这些子博弈。如果用标准式表示它们，就会发现，每一个基本子博弈都是一个社会两难问题，占优战略都是（不租借，不租借）。用均衡收益替代这四个子博弈可以得到如图16-1和表16-1所示的博弈。从中可以看出，第2轮的均衡收益也是（0, 0），因此，和第1轮博弈一样，第2轮博弈仍然是社会两难！这说明，重复参与并没有改变本博弈的结果，在每个阶段，子博弈完美均衡依然是（不租借，不租借）。

我们可以把这个推理过程扩展到整个10周的露营。无论露营持续多少周，我们都应用后向归纳法。就像我们所看到的，无论开始几周的情况是什么，最后一周的最佳反应均是不合作战

略，即不租借，因为此后没有下一轮，所以，此时的选择既不会得到回报，也不会遭到制裁。现在，我们前进到第9周。

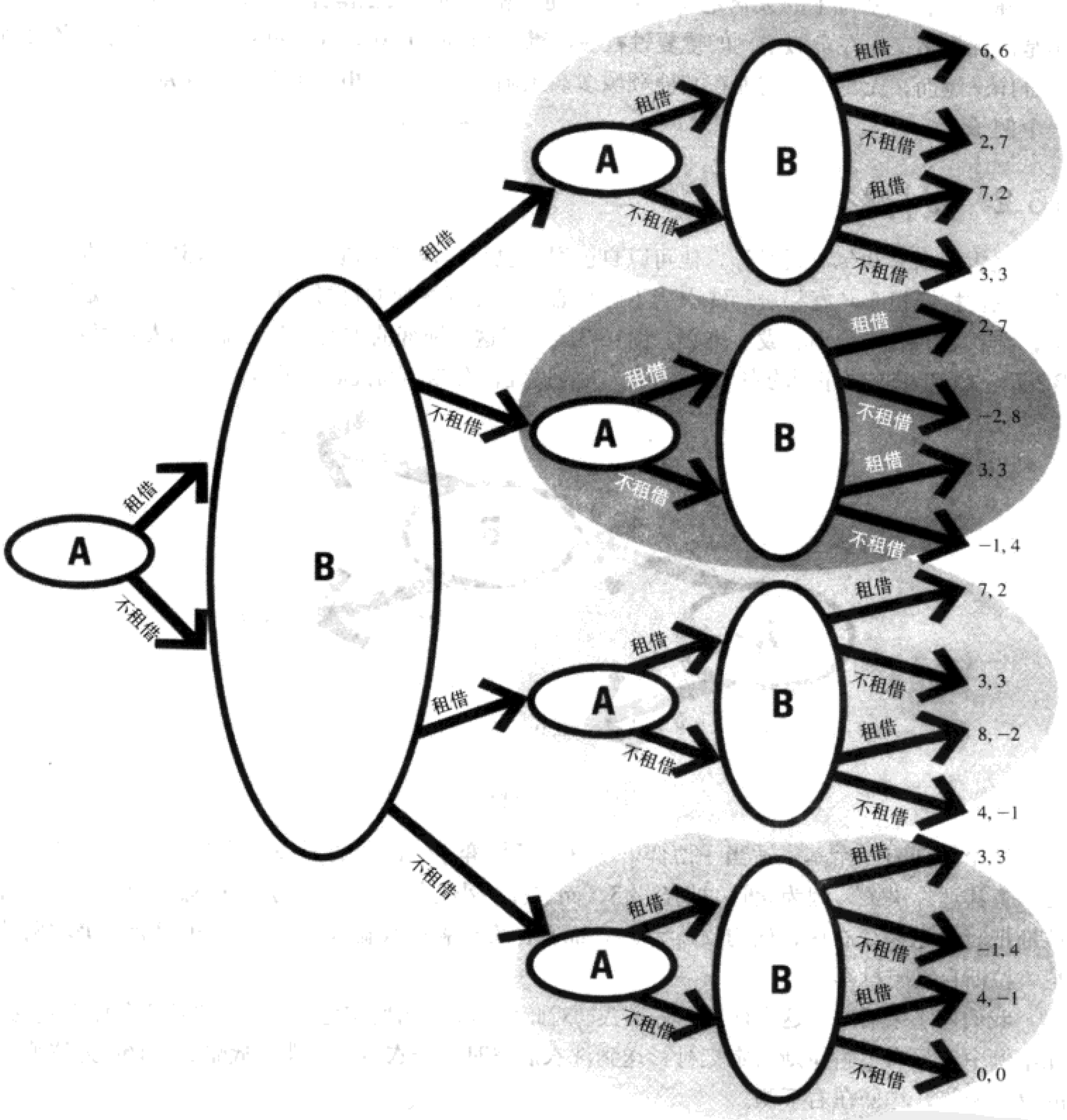


图16-2 重复的露营者难题

我们已经得知，第10周没有回报也没有制裁，只有不合作战略。因此，毫无疑问，第9周的选择也是不合作战略。现在我们前进到第8周。既然在最后两周没有回报也没有制裁，第8周的选择也是不合作战略。依此类推，我们归纳到第1轮，此时的最佳反应也是不合作战略。结论是，不会出现合作战略。

规律
RULE

重复性社会两难：当一个社会两难博弈有限次地重复时，子博弈完美均衡与最初的社会两难一样，必定是两个参与者相互背叛。

"阿曼达会想，下一周我就离开这儿了，为什么要花钱去租DVD；巴菲会想，你敬我一尺，

我才敬你一丈，既然阿曼达不租DVD，我也不租，反正离开这儿以后，我就不会再和她碰面了……"

建立在直觉基础上的大众定理认为，即便在相应的**一次性博弈**（one-off game）中，合作不是占优战略，但在类似本例的**重复性社会两难**（repeated social dilemma）中，参与者之间仍会合作。然而，无论大众定理在其他领域多么正确，却不并适用于上面这个博弈。下面再看另一个例子。

16.2 熨衬衫

尼古拉斯喜欢每周熨衬衫。他可以自己熨，也可以送到街道下面的"好邻居"洗衣店。然而，尼古拉斯担心"好邻居"洗衣店不够小心，可能损坏他的衬衫。尼古拉斯的战略是熨或不熨，洗衣店的战略是小心或不小心。图16-3展示了这个博弈的扩展式和收益。A表示尼古拉斯，B表示洗衣店。收益序列的左侧是尼古拉斯的收益，右侧则为洗衣店的收益。

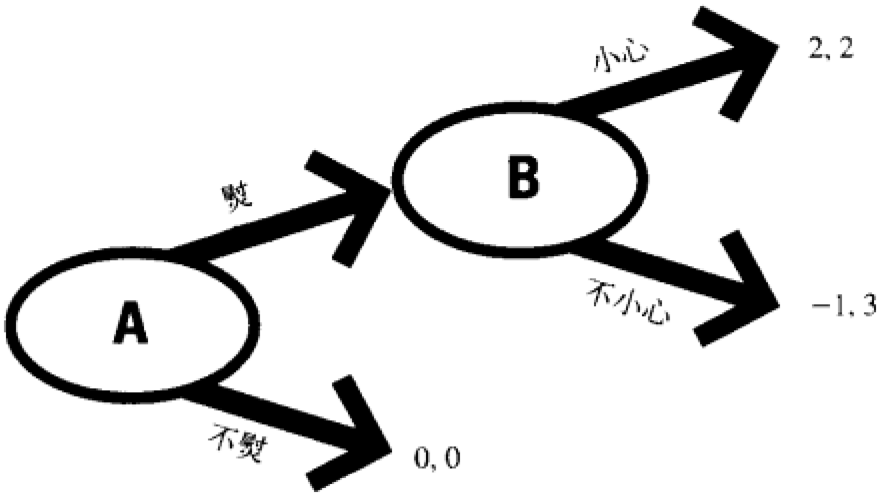


图16-3 熨衬衫博弈

这个博弈有一个基本适当子博弈，在这个子博弈中，洗衣店要决定是否应当小心，"不小心"是其理性决策，因为此时的收益为3，而选择"小心"的收益只为2。这意味着，如果尼古拉斯把衬衫送去洗衣店，他的收益为-1，而自己熨衬衫的收益为0，因此，子博弈完美均衡是尼古拉斯自己熨衬衫。

我们停下来看一下这个博弈的标准式。对此类博弈，需要牢记一点，战略是依条件而定的。在本例中，只有尼古拉斯决定把衬衫送到洗衣店熨时，洗衣店才能选择战略。表16-2为该博弈的收益矩阵，均衡在右下侧。

表16-2 熨衬衫博弈的收益矩阵

		尼古拉斯	
		熨	不熨
"好邻居"洗衣店	如果尼古拉斯来熨衬衫，选择"小心"；否则，什么也不做	2, 2	0, 0
	如果尼古拉斯来熨衬衫，选择"不小心"；否则，什么也不做	3, -1	0, 0

然而，这是一个重复博弈。尼古拉斯想在今后五年内每周都熨衬衫。他打算五年后退休，

到时就再也不用穿熨过的衬衫了。这样，熨衬衫博弈要相继进行$5 \times 52=260$次。直觉告诉我们，尼古拉斯可以通过威胁报复来劝说洗衣店小心熨他的衣服。例如，在以后几周里，尼古拉斯可以自己熨衬衫来回应洗衣店的不小心战略。这会使得洗衣店因不小心而遭受损失。这种做法能使熨衬衫博弈产生合作的结果（熨，小心）吗？

这种做法在战略上被称做**针锋相对**（Tit-for-Tat）。通常来说，当一个参与者在某轮背叛时，如果另一个参与者在下一轮也以背叛作为回应，我们就说他实施了针锋相对战略。像熨衬衫博弈这种重复很多次的博弈，战略是非常复杂的相机战略，它们可以大量存在。考虑一下尼古拉斯在5年中的第201周的选择，即是否送衬衫到洗衣店熨。这个选择要取决于前200轮的所有决策。在第1轮，有三种可能的博弈模式，即（熨，小心），（熨，不小心）和（不熨，什么也不做）。因此，尼古拉斯在第2轮的选择要考虑这三种可能。[1] 在第3轮，他的选择要权衡$3 \times 3 = 3^2 = 9$种可能，其中包括第1轮的三种可能结果，以及每一种可能结果在第2轮对应的三种可能。在第4轮，他需要考虑$3 \times 9 = 3^3 = 27$种可能。到第201轮，尼古拉斯需要考虑的不确定情况增加至3^{200}种。然而，如果他在第201轮根据针锋相对规则选择战略，就不用考虑前199轮的选择了。针锋相对规则集合了3^{199}个可能序列。也就是说，如果在上一轮，你选择熨衬衫，而“好邻居”洗衣店没有小心，那么下一轮就不熨了，反之就选择熨。[2] 这个规则对前199轮的3^{199}种可能情况给出了相同的结果。通过运用这一简单的规则把数量庞大的条件性战略集合起来，极大地简化了重复博弈。但是，这有效吗？

为了探讨这个问题，让我们看一下图16-4，其中的树状图代表连续两轮的博弈，收益是两轮收益之和，左侧为A的收益，右侧为B的收益。[3] 如果尼古拉斯依照针锋相对的原则参与博弈，那么就存在一个威胁暗示和一个承诺暗示。威胁是，如果“好邻居”洗衣店不小心，尼古拉斯下一周将不再来熨衬衫，以报复洗衣店。承诺是，如果“好邻居”洗衣店小心，尼古拉斯下一周还来熨衬衫，以回报洗衣店。我们的疑问是：假设“好邻居”洗衣店是理性的，它会认为威胁或者承诺是可信的吗？

博弈理论告诉我们，可信性与子博弈完美均衡相关联。所以，我们把这个问题改述为，针锋相对规则的威胁和承诺能否导致子博弈完美均衡？威胁的关键是图16-4中浅灰色椭圆所示的行动序列，这是一个子博弈，与图16-3所示的单阶段博弈相同。因此，它的子博弈完美纳什均衡也是尼古拉斯选择“不熨衬衫”。由于执行威胁是子博弈的完美均衡，因此威胁是可信的。

如果承诺也是可信的，那么威胁加承诺就足够劝导“好邻居”洗衣店在第1轮采取“小心”战略。否则，洗衣店就处于上侧的深灰色椭圆中，这不是一个完整的子博弈。在深灰色椭圆中，如果尼古拉斯执行了承诺，把衬衫带到洗衣店，那么洗衣店的收益不会低于4，要比其在浅灰色椭圆中的收益3好。然而，尼古拉斯只有得到右上方的收益4时，才会把衬衫带到洗衣店熨。如果“好邻居”洗衣店在这一步选择了“不小心”，尼古拉斯最好食言，不把衬衫带到洗衣店

1 “好邻居”洗衣店的战略选择建立在六个不确定事件上——其中三个是尼古拉斯在第2轮把衣服送往洗衣店，还有三个是他不把衣服送往洗衣店。在这六个不确定事件中，只有四个不确定事件下，“好邻居”洗衣店可以接着做出选择。

2 这意味着尼古拉斯即便在上一轮选择“不熨”，从而使得“好邻居”洗衣店没有机会毁坏他的衬衫，下一轮他仍会选择“熨”。在针锋相对战略中，实施背叛的参与者在受害者仅一轮的报复之后总还可以重新得到机会。

3 既然收益仅隔一周，我们暂不考虑未来收益的价值低于当期收益这个事实。经济学家也许不赞成，因为公正的价值折现是非常重要的。当我们在下章接触折现问题时，我们将获益颇丰。不过，为了简化分析，此处不考虑折现。

熨。“好邻居”洗衣店会在下一轮重复“小心”的选择吗？如果尼古拉斯在第201轮和第202轮继续实施针锋相对战略，洗衣店在下一轮将依然选择“小心”。这样，理性的做法是尼古拉斯继续选择“熨衬衫”，而“好邻居”洗衣店继续选择“小心”。这样我们得到了子博弈完美纳什均衡：尼古拉斯在每轮都实施针锋相对战略，而“好邻居”洗衣店持续选择“小心”战略。

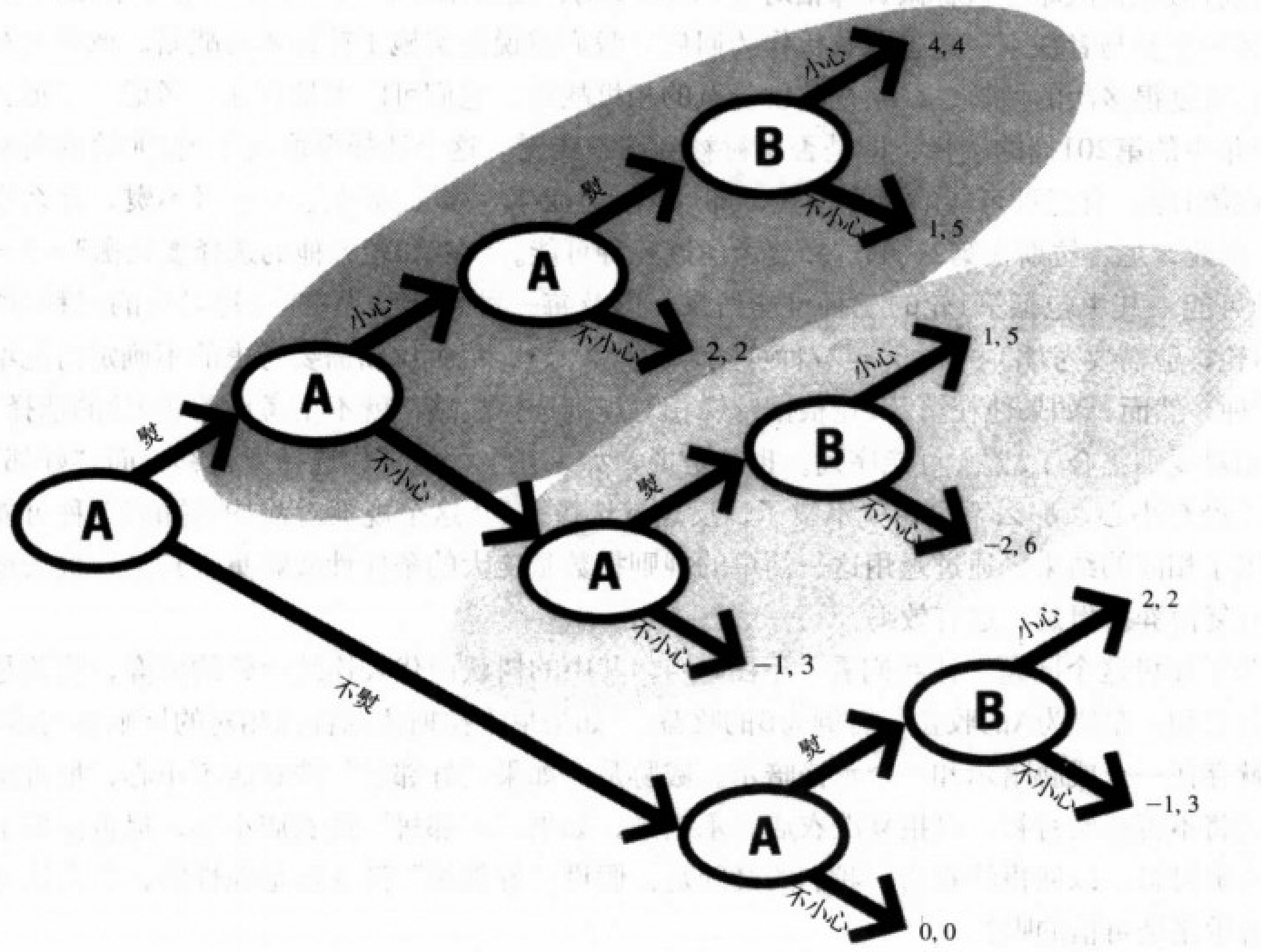


图16-4 两轮熨衬衫博弈

这个均衡听起来相当有希望，但不幸的是在最后一轮终止了。尼古拉斯在第260轮无法实施针锋相对战略，因为没有第261轮使其可以回报或惩罚洗衣店的行为。要牢记，只有尼古拉斯持续实施针锋相对战略时，他的回报承诺才可信。在最后一轮，“好邻居”洗衣店会选择“不小心”，即图中右上方的深灰色椭圆，尼古拉斯能够预测到洗衣店的这个选择，所以他会在第260轮选择“不熨衬衫”。我们现在知道无论第259轮发生什么情况，尼古拉斯都会在第260轮选择“不熨衬衫”，因此他无法在第259轮实施针锋相对战略。他在第259轮的回报承诺不可信，所以洗衣店在第259轮会选择“不小心”；预测到这些，尼古拉斯在该轮就会选择“不熨衬衫”。这意味着尼古拉斯在第258轮也无法实施针锋相对规则，同样的逻辑可以一直类推到第1轮。

对于开始所问的问题“威胁和承诺是否可信”，我们的答案是不可信，因为没有哪个博弈能够无限期地持续下去。如同本例，博弈的回合在第260轮就终止了，并折回到第1轮。我们又一次发现，大众定理不适合**有限重复博弈**（games played a limited number of times）。这是一个通用规则：在有限重复的社会两难问题中，每一轮都选择占优战略均衡是惟一的子博弈完美均衡。

只要重复博弈的序列不中断，针锋相对战略就有效。但是，没有什么是持续不断的。在第17章，我们将通过其他例子说明当社会两难不是有限重复时的情况。

这里，我将打破教科书作者的一个禁忌，讲讲我自己，并且不用脚注。我对一位商人使用

过近似针锋相对的战略。我的战略稍微有些复杂，相对更不可预测。如果他的服务让我不高兴，我就会在一段时间内不与他做生意，之后再给他一次机会。如同针锋相对一样，我也依靠威胁和承诺的暗示。我是非理性的吗？也许，但是……

我们可以把这个结果当作一个谜。类似于针锋相对这一类的战略在重复博弈中看似非常有前途，但对于本章的几个有限重复的例子来说却是无效的。是针锋相对战略有什么不当之处，还是我们的例子漏掉了一些东西？我们将在下一章探讨这个问题。

报复的威胁在其他重要博弈中也占有一席之地。下面的例子对子博弈纳什均衡概念的发展，以及莱因哈德·泽尔滕（Reinhard Selten）获得诺贝尔奖都起过重要作用。

详细解读
A Closer Look

莱因哈德·泽尔腾（1930—）

1930年出生在布雷斯劳，现为波兰城市弗罗茨瓦。泽尔腾有一部分犹太血统，为此在年轻时遭受磨难。高中时，他读到了《财富》杂志上一篇关于博弈理论的文章，并学习了诺伊曼和摩根斯坦写的《博弈论与经济行为》。在法兰克福大学做研究助理时，他获得了数学博士学位。尽管是位数学家，但泽尔腾一直致力于经济学的实证研究和应用。他开创性地通过扩展式研究当时并不流行的领域：博弈，这使他获得了1994年的诺贝尔奖。他现居住在德国的波恩，领导着实验经济研究所，积极推进世界语的发展，并养着一只名叫翠的暹罗猫。

16.3 连锁店悖论

这是另一个重复博弈的例子。假定琴科超市（Chainco）是一家大型连锁店，在美国20多个社区设有分店。有些当地公司准备相继进入这20个市场，这样，琴科在今后几年要参与20个市场的进入博弈。直觉告诉我们，琴科应该在博弈的初期就实施报复战略，虽然这么做会带来损失，但可以建立报复者的声誉吓退潜在进入者。然而，这是子博弈完美战略吗？不是！

图16-5列出了连锁店博弈中单轮的博弈。在节点1，新公司决定是否进入市场。如果不进入，琴科在这个市场赚得的利润为10（假设利润范围为1~10）。如果没有当地公司进入琴科的市场，那么它在每个市场都赚得数额为10的利润，总利润为10 × 20 = 200。如果当地公司进入市场，那么琴科在节点2选择是否使用价格战对其进行报复。如果报复，琴科在这个市场的利润仅为3，而新进入者会损失2，用−2表示。如果不报复，市场上两家公司的利润都为5。

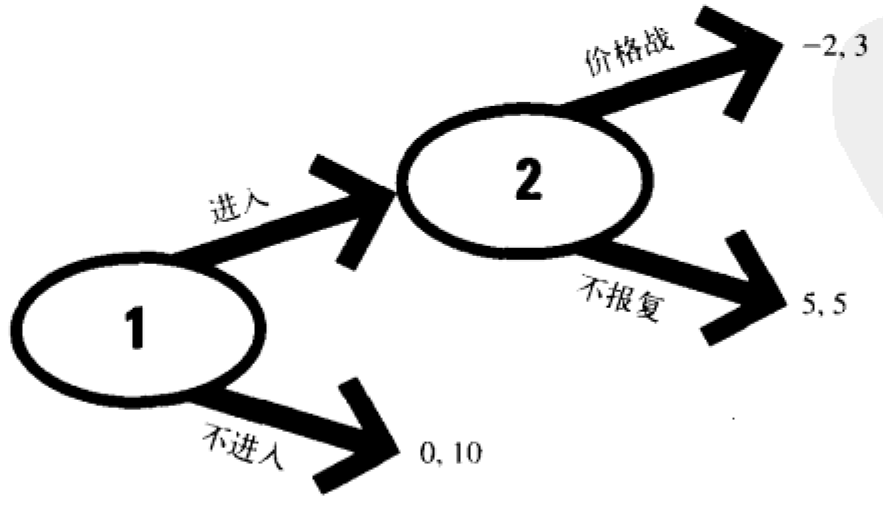


图16-5 单轮的进入博弈

考虑一下20个重复博弈序列的最后一个。显然，此时的报复战略将一无所获，因为再也没有进入的威胁。我们注意到，（进入，不报复）是这个单轮博弈的子博弈完美均衡。现在考虑第19次博弈。既然报复不是最后一次博弈的子博弈完美均衡，不论口头还是行动上的暗示，报复的任何威胁都是不可信的。于是，在第19次博弈时，报复也是没有效果的。同理，对第18次、第17次等亦是如此，因此理性的连锁店不会报复。

16.4 恐怖活动

本节我们将讨论一个既困难又麻烦的例子：恐怖活动以及政府的反应。我们应用上一节中的模型。如果你现在不想考虑这个问题，可以略过本节，这不会错过博弈论的任何新概念。

关于恐怖活动的一个普遍观点是，恐怖分子一定是不理性的，他们或者被毫无道理的宗教信仰所煽动，或者无法清晰推断他们的行动后果。然而，无论这个观点多么令人欣慰，对反恐却没有什么帮助。有人可能会论断，恐怖分子的目标在某种意义上是非理性的。[4]但是，博弈论或新古典经济学并没有对“非理性目标”做出明确的界定。在博弈论中，我们认为目标是给定的，并根据这些目标分析最优反应战略。本节中，假定恐怖分子也是这种狭义上的理性的经济个体。

恐怖活动的历史可以追溯到20世纪前。在法国革命期间，某一革命政府采用了“恐怖”政策，从此诞生了“恐怖主义”这个术语。然而，政府、军队以及海盗等其他武装分子在此之前，也许几千年以前就曾恐吓过人民。在21世纪，我们常用“恐怖活动”代指政府和军队以外的人员实施的政治暴力。早在19世纪中期，东欧和中欧君主集中制的反对者，包括宪法论者、民主党人、平均地权论者、大部分的赌徒、无政府主义者，成立了“恐怖团体”，把投放炸弹和暗杀作为其政治战略的一部分，这也许是现代意义上的恐怖活动的开端。从无政府主义者，到纳粹和其他民族主义者，所有的政治团体都应用过这一战略。

恐怖分子的目标和战略各不相同，所以没有理由认为，一个理论性的博弈分析会适用于所有情形。本节将指出一个重要差别。我们先从1960~1995年间常见的政治人质绑架事件讲起。在这一时期的一些恐怖事件中，绑架者经常通过劫机绑架人质，然后提出要求。他们威胁：如果要求得不到满足就杀掉人质。谈判通常是必经的解决步骤，尽管恐怖分子的有些要求得不到满足，但他们的动机还是得到一定程度的公开。一些例子中，大部分人质在政府的谈判斡旋下得以释放。然而，有些政府的立场是拒绝谈判，一有机会，他们就会攻击劫机者，而不顾人质的安全。这种政策的一个理由是，谈判会使恐怖分子得到他们想要的东西，而攻击劫机者的一贯性政策会吓退劫机的恐怖分子。但是，这是子博弈完美均衡吗？不是！

这个政策的推理过程见图16-6。在这个人质绑架博弈中，恐怖分子在节点T首先做出决策，决定是通过绑架人质还是其他方式达到目的。如果他们绑架人质，政府在节点G决定攻击或谈判。就像往常一样，在树的分支旁列出了收益序列，左侧表示恐怖分子，右侧表示政府。

不难发现，图16-6中的人质绑架博弈与图16-5所示的连锁店博弈比较相似。我们还是将其看做一次性博弈，用后向归纳法进行求解。政府的目标是损失最小化，谈判的收益为−10，而

4 当然，我个人是完全反对恐怖分子的。然而，这与说他们是“非理性的”并非完全相同。例如，一个金融骗子试图利用某些股票欺骗手段诈取投资者的财富。不择手段增加自己的财富是他的目标，很多人认为这是理性的。然而，我相信，生活在发达的现代社会中的大多数人会同我一样，不同意也不赞成违法的敛财行为。理性的东西未必符合道德规范，这与欺诈和恐怖活动一样。

攻击的收益为−20，显然，当恐怖分子绑架人质时，政府会选择谈判。当政府选择谈判时，恐怖分子绑架人质的收益为5，高于不绑架的收益0，恐怖分子将选择绑架人质。所以，该博弈的子博弈完美均衡是（绑架人质，谈判）。

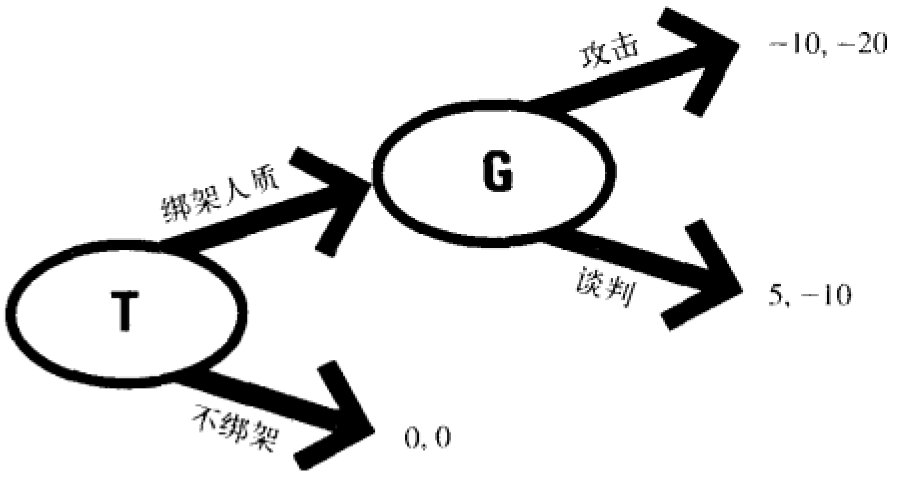


图16-6 人质博弈

那么，怎样才能证明坚决不与恐怖分子谈判的政策是正确的呢？在20世纪末期，人质绑架不是稀罕事，吓退人质绑架者是个重复博弈。这样，如果一个国家树立起攻击恐怖分子的强硬名声，恐怖分子绑架人质的期望收益就会为负，这将吓退恐怖活动。虽然在一次性事件中，攻击的威胁是不可信的，因为它不是子博弈完美均衡，但在重复博弈中，攻击能为将来赢得产生吓退效应的强硬名声，达到杀一儆百的效果。

到目前为止，分析的结果与连锁店博弈是完全相同的。然而，正如前面所看到的那样，价格战的威胁是不可信的，因为通过从最后一个节点后向归纳，我们已经知道，报复绝不是连锁店博弈的子博弈完美均衡。那么，这个推理是否适用于恐怖活动，我们能否认为恐怖活动也有最后一次，对其实施攻击获得的强硬名声也是毫无用处的呢？显然，政府希望恐怖活动彻底终结，这样也就不需要来者不拒的强硬名声了；恐怖分子希望获胜并变成政府，这样就用不着再实施恐怖活动了。虽然这并没有彻底回答我们的问题，但却说明连锁店博弈的推理过程在此的确是适用的。即使是重复博弈，攻击也不是子博弈完美均衡，所以攻击的威胁绝不可信。事实似乎也证明了这一点：恐怖分子在20世纪并没有被吓退。显然，恐怖分子并不认为攻击的威胁是可信的。

当然，上述分析依赖于对恐怖分子动机的猜测：如果遭到攻击，他们的收益为负；他们会为得到一些机会而释放人质。如果这个猜测是错误的，分析就要重新考虑。事实上，发生在20世纪90年代末和2001年的恐怖活动的动机便截然不同。恐怖分子没有要求，他们的目标似乎只是简单的杀戮。就如已被处死的恐怖分子蒂莫西·麦克维（Timothy McVeigh）所说的那样，他们想要的只是"清点死亡者的数目"。

如果恐怖分子受上述动机驱使，那么，即便遭到政府的攻击，他们绑架人质的收益依然会为正。不过，在这种情况下，政府攻击恐怖分子也有所获，因为可以打乱恐怖分子进行更大规模杀戮的计划。于是，绑架博弈变成图16-7所示。注意，本例中恐怖分子遭到攻击的收益为正，但不遭到攻击的收益更大。

在这个博弈中，一方面，政府攻击恐怖分子不会吓退恐怖活动，因为即使他们遭到攻击，收益依然为正；另一方面，攻击恐怖分子的威胁是可信的，因为它是子博弈完美均衡。

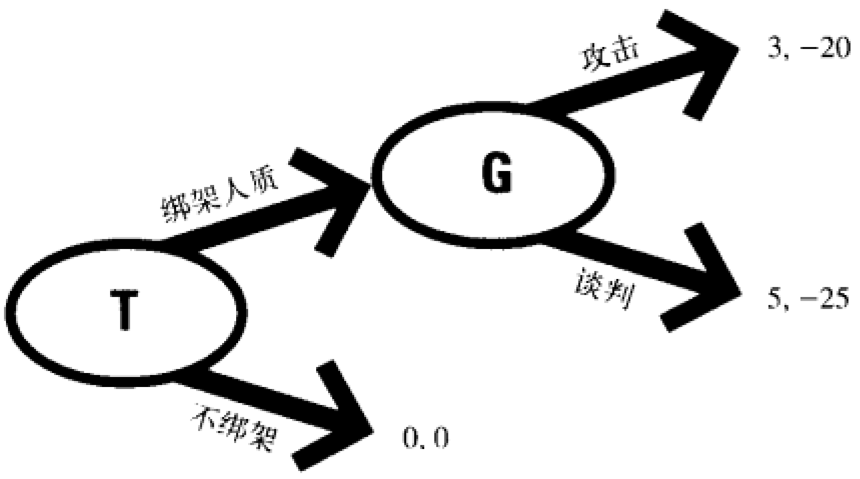


图16-7 杀戮博弈

详细解读
A Closer Look

如果连锁店的例子是可行的，那么，政府就没有必要建立“强硬”的名声。然而实际上，一些政府确实奉行着不与恐怖分子谈判的政策，难道他们是不理性的吗？

人质博弈暗含着一个假设，即所有恐怖活动的受害者类型都相同，他们有相同的战略和收益。但是，现实生活也许并非如此。约翰L. 斯科特（John L. Scott）[*]就认为，人质的类型不止一类。假设有些劫机的受害者不可能通过谈判做出让步，而且恐怖分子不知道受害者的类型。攻击不让步的受害者是没有意义的，因为劫机者会为此损失收益10。恐怖分子不知道受害者是否谈判，他们将根据受害者过去的行为做出判断。这意味着能够谈判的受害者如果拒绝谈判，就有可能会获益。因为拒绝谈判建立了不谈判的强硬声誉，这将吓退恐怖分子的未来攻击。

但是，为什么受害者不能去谈判？本例中，受害者是政府。政府之所以拒绝谈判，可能是因为与恐怖分子的博弈嵌套在更大的博弈中，执政党、反对党以及选民相互作用。如果选民对谈判极度反感，政府进行谈判就会失去选民的支持或在下次选举时出局，那么出于实际考虑，政府就不会把谈判作为解决人质博弈的选择。

一些采取不谈判政策的政府可能处于这个嵌套博弈中，其他政府则可能希望建立强硬的名声，即使实际很难如愿。

[*] John L. Scott, "Deterring Terrorism Through Reputation Building", in *Defense Spending and Economic Growth*, edited by James Payne and Anandi Sahu (Boulder, CO: Westiview Press, 1993)pages 257-268.

在20世纪，许多国家和其他团体采用的政策是不攻击劫机者而是与他们谈判。当劫机者的动机如图16-6所示时，这是子博弈完美均衡。然而，如果劫机者的动机如图16-7所示，攻击他们才是子博弈完美均衡。

我们看到，根据恐怖分子的动机，博弈理论给出了两种答案。这没有什么值得惊奇的，反恐政策的教训是我们需要知道恐怖分子的动机。如果假设他们是不理性的，那么我们不可能提出能使我们查明真相的问题。

小结

当社会两难是一次性博弈时，博弈双方的不合作会带来不利的博弈结果。然而，强烈的直觉告诉我们，重复博弈能够改变这一现象，因为合作的行为在未来博弈中能得到回报，而不合

作行为将遭到制裁。这一直觉被表述为大众定理。

重复博弈序列可以运用子博弈完美均衡等序贯博弈理论中的方法进行分析。通过这种分析，我们能够验证大众定理的思路。然而，如果博弈是有限重复的，那么重复博弈就不能导致合作行为，因为惟一的子博弈完美纳什均衡是一系列的不合作。这个荒谬的结果把社会两难问题延伸至其他类型的博弈，比如市场进入博弈，它的子博弈完美均衡是现有的垄断厂商不阻止进入者，这是一个盈利的非合作结果。

上述令人意外的现象来自后向归纳法的推导。在每个例子中，我们首先分析最后一次博弈。由于最后一次博弈与一次性博弈及其相似，因此均衡也一定相同。报复或回馈的所有合作性规则，例如针锋相对规则，都不适用于最后一轮。通过后向归纳，我们把这个结果延伸到每一轮博弈。战略规则从最后一轮拆分到第1轮。这样，只要有一个结束点，合作行为就不可能成为重复博弈的社会两难均衡。就像连锁店博弈，相似的事情也在威胁博弈中发生。在连锁店博弈中，报复不是最后一轮博弈的子博弈完美均衡，任何声誉都不能改变这个事实。再一次，建立报复者声誉的动机折回到第1轮。当重复博弈有终止时，直觉极大地误导了我们。

练习与讨论

16.1 重复的性别大战

西尔威斯特和他的女友外迪打算下班后一起去看棒球比赛或歌剧，但是西尔威斯特的e-mail出问题了，外迪的手机电池坏了，所以他们无法协商下班后做什么。他们的战略是“比赛”或“歌剧”，收益如表16-3所示。

西尔威斯特和外迪希望能够一起出去，连续约会两次。这样，他们将进行一次重复博弈。

这个重复博弈的标准式列举了每个人的战略。有多少战略？画出博弈树，找出这个重复博弈的四个不同的子博弈完美均衡。有没有一个解比其他三个解出现的可能性更大？一位教会教长罗伯特·福尔格姆写道：“我真正需要掌握的那些知识都来自于幼儿园时期的学习。”而且他说在幼儿园所学到的最重要的事情之一就是“轮流”。从常识观点来看，这个例子有没有告诉我们轮流的优势或弱势？是什么？

16.2 热狗定价

参考练习15.5。弗兰克和厄尼斯特从相邻的自动售货车中出售热狗。他们每周都相互竞争，但是五周后弗兰克将退出并卖掉他的售货车。每周他们选择定价为1.5美元或2美元，表16-4展示了他们的收益。

表16-3 性别之战

		外迪	
		比赛	歌剧
西尔威斯特	比赛	5, 3	2, 2
	歌剧	1, 1	3, 5

表16-4 热狗商贩的收益

		弗兰克	
		1.50美元	2.00美元
厄尼斯特	1.50美元	10, 10	18, 5
	2.00美元	5, 18	12, 12

这个重复博弈的惟一子博弈完美均衡是什么？为什么？

16.3 国会僵局

近些年来，僵局已成为国会政策的一个普遍问题。如果没有党派在国会中占绝对多数，每个党派都可以阻碍其他党派的提案，此时僵局便会发生。如果他们不是互相合作，而是阻碍其他党派的提案，那么将一事无成——没有进展，只有僵局。根据本章的内容，分析这个问题。提示：牢记谚语“下届选举后，明天将不复存在”。

16.4 威士忌酒厂和杜松子酒厂

表16-5 另一个广告博弈

		威士忌酒厂	
		不做广告	做广告
杜松子酒厂	不做广告	8, 8	2, 10
	做广告	10, 2	4, 4

回想一下第1章中的广告博弈。在那个例子中，我们得知做广告可能是个社会两难，如果每家公司都做广告，那么他们的利润会少于都不做广告时的利润。在20世纪60年代至90年代，蒸馏酒行业面临着同样的两难困境。在90年代，当一家主要的蒸馏酒厂濒临破产时，不在电视上做广告的私下协议被打破。

假设表16-5给出了杜松子酒厂和威士忌酒厂的收益（收益范围为1~10）。同时假设威士忌酒厂受财务危机所累，三年后肯定会破产。与此同时，还会发生什么事情？在今年、明年、后年，它们其中之一会做广告吗？谁做？为什么？

16.5 赖账者——乔

乔是尼北学院的一名学生。乔老是缺钱，便向舍友借钱并支付适当的利息。然而，他的同学不愿意借给他，因为不知道他是否能还。这是关于借钱的重复博弈，每次借贷都是图16-8中用扩展式表示的子博弈。图中，乔的同学C首先做出决策，接着乔作决策。收益序列中，左侧表示乔的同学，右侧表示乔。

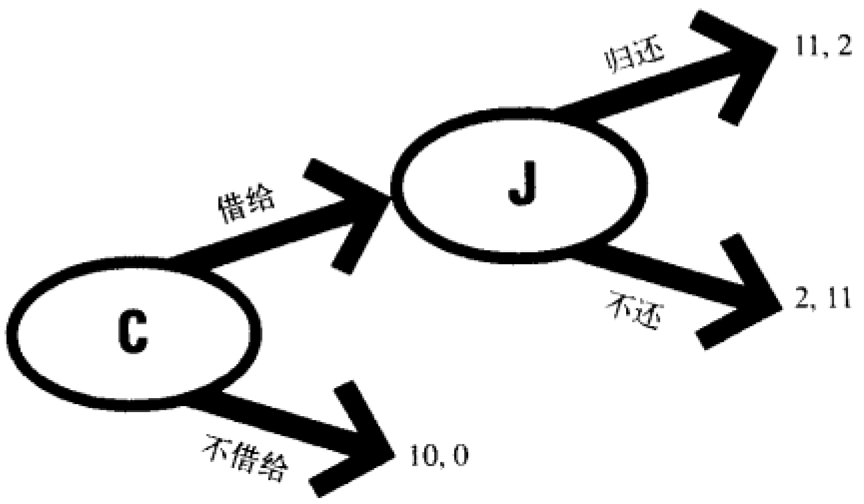


图16-8 借钱给乔

虽然乔不富有，但他是个出色的学生，肯定能在四年内如期毕业。这个学期如果有人肯借钱给乔，乔为了保持信用好的名声，很快就会偿还。但是，没有人肯借钱给他。运用重复博弈理论，解释乔为什么借不到钱。

第17章

无限重复博弈

预备知识

- 为了更好地理解本章内容，你需要掌握第1~4，6~8，14和16章的知识。
- 本章主要概念：无限重复博弈、折现因子、触发战略、针锋相对、冷酷触发。

在上一章的各个例子中，合作性的安排之所以难以达成，博弈的结果之所以违反直觉，都是由于同一个原因，就是博弈双方的相互作用有一个终止点。在露营者难题中，露营在10周后结束，到时女孩们将不会再见面，因此，最后一周的合作行为不会得到任何回报，合作动机从最后一周到第1周被依次瓦解。类似地，在熨衬衫博弈中，尼古拉斯与洗衣店之间的关系会在260周后尼古拉斯退休时画上句号。在连锁店例子中，当其他市场都有竞争者进入时，所剩的最后一个市场就是在位厂商实施进入威胁的最后一块阵地。在这最后一个市场上，在位厂商不会进行报复，报复动机由此向前瓦解，直到第1次进入威胁。如果这些博弈能够无限地持续下去，没有终止点，上面的问题也就不会出现了。现在，就让我们看一个没有终止点的博弈的例子。

17.1 重复的努力困境

努力困境是一种社会两难，揭示的是个人对公共事业的努力贡献程度。就像其他社会两难一样，努力困境博弈也可能重复进行。表17-1为一个努力困境博弈，参与者是两个队友：安迪和比尔。我们可以看到，“推卸”是占优战略，因此这是一个社会两难。安迪和比尔都不知道这个博弈将进行多少次，但他们在参与一段时间后会退出。这个博弈是如何进行的呢？

表17-1 一个努力困境博弈

		比尔	
		工作	推卸
安迪	工作	10, 10	2, 15
	推卸	15, 2	5, 5

有一点很关键，每次博弈都有10%的可能成为最后一次博弈，也就是说，还有下一轮博弈的概率是90%。那么，未来至少还有两轮博弈的概率是多少呢？为了得出答案，我们必须把两个事件的概率复合：

未来还有一轮博弈的概率是90%，如果这一轮博弈存在，其后还有一轮博弈的概率也是90%。两轮博弈都存在的概率是各自概率的乘积，即90% × 90% = 81%。一般规则是：两个相继事件都发生的概率是它们各自发生概率的乘积。这样，至少还有n轮博弈的概率是 $(0.9)^n$。表17-2列出了在本例中，未来还有1轮，2轮，……，20轮博弈的概率。

表17-2 博弈各轮发生的概率

轮	概率
现在	1
1	0.90
2	0.81
3	0.73
4	0.66
5	0.59
6	0.53
7	0.48
8	0.43
9	0.39
10	0.35
11	0.31
12	0.28
13	0.25
14	0.23
15	0.21
16	0.19
17	0.17
18	0.15
19	0.14
20	0.12

假设安迪和比尔总是选择“推卸”战略，因此，只要他们一起参与，每一轮的收益都是5。当然，如果他们不参与，收益都是0。既然不能确定本轮博弈后的未来收益，总收益必须用期望值计算。这样，收益的期望值是：$5 + (0.9 \times 5) + (0.9^2 \times 5) + (0.9^3 \times 5) + (0.9^4 \times 5) + \cdots = 5 \times (1 + 0.9 + 0.9^2 + 0.9^3 + 0.9^4 + \cdots)$

我们应用代数学中一个有用的定理简化这个结果。对于序列y，y^2，y^3，…，如果$0 < y < 1$，$1 + y + y^2 + y^3 + \cdots = \dfrac{1}{1-y}$。[1]

因为，$0 < 0.9 < 1$

所以，$(1 + 0.9 + 0.9^2 + 0.9^3 + 0.9^4 + \cdots) = \dfrac{1}{1-0.9} = \dfrac{1}{0.1} = 10$

这样，$5 + (0.9 \times 5) + (0.9^2 \times 5) + (0.9^3 \times 5) + (0.9^4 \times 5) + \cdots = 5 \times 10 = 50$。如果安迪和比尔总是选择“推卸”战略，他们每个人收益的期望值将为50。

比尔可能考虑实施针锋相对计划，以威胁安迪，使之不敢选择“推卸”战略。这会有效吗？如果安迪选择“推卸”战略，他的收益是

$$V_1 = 15 + 2\delta + 10\delta^2 + 10\delta^3 + \cdots$$

这里，δ表示存在下一轮博弈的概率。

然而，如果他工作，收益则为

$$V_2 = 10 + 10\delta + 10\delta^2 + 10\delta^3 + \cdots$$

如果$V_1 < V_2$，安迪会被吓退，即$15 + 2\delta < 10 + 10\delta$，也就是$5 < 8\delta$，或$\delta > 5/8$。既然“推卸”是子博弈的占优战略，而且$\delta = 0.9$，所以比尔的威胁是可信的。

假设如表17-3所示，两个参与者的可选战略有三个：总推卸、总工作和针锋相对。对于“总推卸”和“总工作”两种情况，直接把表17-1中相应的数据乘上$\dfrac{1}{1-0.9} = 10$即可。

如果一人选择针锋相对规则，另一人做出同样选择或选择“总工作”时，每人在每轮的收益都是10，所以总收益的期望值

---

1 如果你熟知宏观经济学的原理，对这一式子不会感到陌生，其与凯恩斯经济学中的乘数公式非常相像，这是因为乘数公式应用了同样的代数学知识。

是100。当安迪选择“总推卸”而比尔选择“针锋相对”时，我们注意到，他们在第1轮的收益是（15, 2），随后各轮的收益均为（5, 5）。这样，安迪的收益期望值是$15 + (0.9 \times 5) + (0.9^2 \times 5) + (0.9^3 \times 5) + (0.9^4 \times 5) + \cdots = 15 + 0.9 \times [5 + (0.9 \times 5) + (0.9^2 \times 5) + (0.9^3 \times 5) + \cdots] = 15 + (0.9 \times 5 \times 10) = 60$，比尔收益的期望值则是$2 + (0.9 \times 5 \times 10) = 47$。

表17-3 努力困境博弈的战略规则和收益

		比尔		
		总工作	总推卸	针锋相对
安迪	总工作	100, 100	20, 150	100, 100
	总推卸	150, 20	50, 50	60, 47
	针锋相对	100, 100	47, 60	100, 100

表17-3所示的博弈有两个纳什均衡：其一是安迪和比尔选择“总推卸”，其二是他们都选择“针锋相对”。而且，两人都选择“针锋相对”时的收益要好于都选择“总推卸”时的收益。这样，（针锋相对，针锋相对）就是一个谢林点均衡，安迪和比尔会注意到这一点，可以预计，在几种可能中，这一均衡有很大机会被选中。

看上去，我们已经找出了大众定理的核心事实。当社会两难博弈以确定概率重复，而且没有可断定的终点时，合作性结果有可能成为均衡。然而，在现实生活中，人们在一起工作，时间可能持续很长，但却无法准确预测。所以，很多努力困境博弈往往都是**无限重复博弈**(Indefinitely Repeated Game)。

17.2 折现因子

当我们谈及无限重复博弈时，想到的似乎总是一个没有人会死、退休或者离开的世界。但并不一定非要这样，关键是在重复的过程中，没有确定的终止点。如果有确定的终止点，那么报复和回报战略的连续性就会被打断。然而，如果虽然没有确定的终止点，但在任何一个回合，终止的概率都是确定的，就像重复的努力困境那样，我们将得到不同的情形。就像我们所看到的，未来收益的期望值是有限的。

详细解读
A Closer Look

举个例子，假设折现率是5%，我们想知道三年后的10 000美元在此时的价值。通过查表可知，我们按照5%的利率在今天投资的每1美元一年后将变为1.05美元，三年后为1.158美元。我们用1.158除10 000美元，得到8638.38美元。如果按照5%的利率投资，现在的8638.38美元在三年后变为10 000美元。相应地，当折现率为5%时，8638.38美元就是三年后10 000美元的折现值。

概率的作用非常类似于把未来的收益值折现。折现是金融学和经济学中的常用概念。金融经济学家认为，人们更喜欢现在的收入而不是未来的收入，于是定义了**折现因子**（discount factor）δ，来表示人们为得到一年后的1美元愿意现在支付的数额。也就是说，人们愿意现在支付δ美元以得到一年后的1美元。通常来说，既然人们更喜欢现在的收入而不是未来的收入，

所以$\delta < 1$。人们愿意为两年后的一美元支付多少？答案是δ^2；三年呢？答案是δ^3。

当然，折现因子与贷款和投资利率（折现率）相关。我们说下一年的收益是Y，V是下轮收益的折现值。如果我在年初以利率r借钱，那么在年末我将因借出的每1美元得到（$1+r$）美元。所以，现在的1美元与年末的（$1+r$）美元等值。反过来，年末的1美元与现在的$1/(1+r)$美元等值。因此，

$$V=\frac{1}{1+r}Y\ ;\ \ \delta=\frac{1}{1+r}$$

因此，在努力困境中，我们可以假设，下一轮收益很快就出现，以至于可以忽略折现。但是，发生新一轮博弈的概率是$p<1$，Y是下一轮的收益，V是下一轮博弈的期望收益。那么，$V=p\,(Y)+(1-p)\,(0)=pY$。因此，$\delta=p$。

综合这两个概念，假定发生下一轮博弈的概率为p ($p<1$)，下一轮博弈的发生时间是明年，r是一年期的折现率。那么，下一轮博弈的收益期望值就是：

$$V=p\frac{1}{1+r}Y+(1-p)\left(\frac{1}{1+r}\right)(0)=p\frac{1}{1+r}Y\text{，且 }\delta=p\frac{1}{1+r}$$

例如，在连锁店博弈中，假设进入威胁每年发生一次，所以第20次进入威胁发生在第20年。假设琴科超市可以投资于无风险债券，收益为5%。因此，今年投资的1美元等价于20年后的1.05^{20}美元，即2.65美元。反过来，20年后的1美元等于现在的1/2.65美元，即0.38美元。这样，0.38美元是20年后的1美元在0.05的折现率下的折现因子。假设在随后20年中，进入威胁是不确定的，存在下一次进入威胁的概率是75%。这样，连锁店博弈的折现因子就是$0.75\times(1/1.05)=0.714$。

17.3 露营者的难题

我们把上一章讨论过的露营者难题作为下一个例子。假设在露营的第1天，阿曼达和巴菲通过交谈发现，秋季开学后，两人将入读同一所学校，而且还是舍友。甚至，她们正和来自同一城镇的男孩恋爱。这是不是太不可思议了？看起来，阿曼达和巴菲从此之后将天天见面，她们之间租借DVD的博弈也将一直持续下去。当然，也有不确定因素，她们其中的某一个人可能会中途退学或转入其他大学；或许某个人会同她的男朋友分手；而另外一个在与男朋友顺利结婚后，有可能因为丈夫当选为总统而搬入华盛顿。她们其中的一人也许会生病，因此停止露营回家疗养。

假设一轮博弈是最后一次博弈的概率为5%。一个参与者可能会想："本轮的合作能够在下一轮中得到回报的概率为95%，这意味着，下一轮的回报必须是我在本轮因合作而损失价值的1/0.95倍，否则就不值得我在本轮合作。平均而言，我只能得到回报的95%，所以回报必须足够大，能够对此进行补偿。"

假设阿曼达和巴菲已经发现，她们从此之后将天天见面，一周时间的折现率为0.00094，每轮博弈为最后一次博弈的概率是0.05。这样，折现因子δ为$0.95\ (1/1.00094)=0.949$。同时，假定阿曼达采用针锋相对战略。在首轮博弈时，阿曼达选择"租借（合作）"。巴菲会这样推理："如果我在本周选择"不租借（背叛）"，将得到收益4，但是，阿曼达会在下一轮进行报复，因此下一轮的收益最多为0。"巴菲的收益序列将为：[2]

---

2 这似乎只在第1轮不合作时适用，实则不然，因为对一个无限序列来说，每一次博弈后总还有无限次博弈，而且每一次博弈都是一个无限序列的第1轮。就像谚语所说的那样："这是你余生中的第1天"。

选择“租借”　3，3，X_3，X_4，…

选择“不租借”　4，0，X_3，X_4，…

在针锋相对战略中，第2轮之后的博弈及收益不直接受第1轮的影响，所以，我们没必要知道X_3，X_4，…。不管第1轮选择的是“租借”还是“不租借”，它们的值都一样。因此，巴菲的收益为$3 + 3\delta$或4。如果$3 + 3\delta = (1 + \delta)\,3 > 4$，即$\delta > 1/3$ 时，“租借”是最佳选择。既然0.949大于1/3，针锋相对战略带来了合作性结果（租借，租借）。

表17-4列出了“总租借”、“从不租借”和“针锋相对”三种战略的收益。从中可以看到，由于$(1 + \delta)3>4$，（针锋相对，针锋相对）是一个纳什均衡。然而，（从不租借，从不租借）也是一个纳什均衡。或许是因为（针锋相对，针锋相对）能够改善两个参与者的处境，所以它是该三战略博弈的谢林点。

表17-4　三种战略的不确定重复露营难题的收益

		巴菲		
		总租借	从不租借	针锋相对
阿曼达	总租借	$3\left(\frac{1}{1-\delta}\right),3\left(\frac{1}{1-\delta}\right)$	$-\left(\frac{1}{1-\delta}\right),4\left(\frac{1}{1-\delta}\right)$	$3\left(\frac{1}{1-\delta}\right),3\left(\frac{1}{1-\delta}\right)$
	从不租借	$4\left(\frac{1}{1-\delta}\right),-\left(\frac{1}{1-\delta}\right)$	0, 0	4,−1
	针锋相对	$3\left(\frac{1}{1-\delta}\right),3\left(\frac{1}{1-\delta}\right)$	−1, 4	$3\left(\frac{1}{1-\delta}\right),3\left(\frac{1}{1-\delta}\right)$

然而，故事到此还未结束。针锋相对只是**触发战略**（trigger strategy）（一个参与者的不合作战略将触发另一个参与者在下一轮的制裁）的一种，参与者还可选择其他的触发战略，例如，**冷酷触发**（grim trigger）：参与者的一次不合作战略将使另一参与者转向“从不合作”战略，即报复者此后永久地选择不合作战略。

与冷酷触发相反，针锋相对是一种**豁免触发**（forgiving trigger）。冷酷触发之所以被称为“冷酷”，是因为再也没有合作的可能了。在露营难题中，如果 $4+\delta\left(\frac{1}{1-\delta}\right)0<3\left(\frac{1}{1-\delta}\right)$，冷酷触发会确保双方一直合作。证明过程如下：当阿曼达运用冷酷触发规则时，巴菲一旦在本轮选择“不租借”，那么其只能在本轮得到数额为4的收益，以后各轮的收益都将为0，博弈的收益序列的折现期望值为 $4+\delta\left(\frac{1}{1-\delta}\right)0$。如果巴菲在本轮和以后各轮中都选择“租借”，她的收益的折现期望值则为 $3\left(\frac{1}{1-\delta}\right)$。因此，当 $4<3\left(\frac{1}{1-\delta}\right)$，即$\delta > 1/4$时，巴菲自始至终选择“租借”将使自己的状况变好。我们发现，在本例中，针锋相对战略仅在$\delta > 1/3$时才能促成合作的结果，而当$1/4 < \delta < 1/3$时，针锋相对战略就没有作用了，冷酷触发战略却仍然有效。通常来说，冷酷触发的有效程度高于豁免触发。在豁免触发不能促使博弈双方合作的时候，实施冷酷触发往往还能收到预期的效果。

除了针锋相对外，其他的豁免触发战略包括：

- 一报还两报（a tit for two tats），只有当一个参与者接连两轮不合作时，另一个参与者才会在下一轮实施一轮的不合作进行报复。值得注意的是，如果一个参与者交替使用合作和不合作两种战略，就会钻了“一报还两报”战略的空子，因为在这种情形下，攻击者的不合作行为没有连续超过两轮，其可以获得不合作的收益，而不会招致对方的报复。因此，一报还两报战略的威胁可能稍弱于针锋相对。
- 两报还一报（two tits for a tat），如果一个参与者在某一轮选择了不合作，另一个参与者将以下两轮的不合作进行报复。在露营难题中，当$\delta > 0.2637$时，两报还一报会促成合作。注意，两报还一报战略发挥作用的临界值比冷酷触发的临界值0.25大，但比针锋相对的0.33小。因此，两轮不合作的威胁力度介于本轮不合作和未来各轮均不合作之间。

必须清楚一点，无限重复博弈的触发战略结果有无限多种变异，它们之中的大部分是均衡的。而且，均衡并非都是合作的。实际上，在一些博弈中，均衡的平均收益会介于纯粹的不合作和纯粹的合作二者之间。

从数学角度来看，均衡结果的不确定性是一件很麻烦的事。虽然数学家希望找到一个解，并且这个解能够满足效率标准，但却没有取得多大进展。根据谢林点理论，在这些均衡点中，能够形成有效合作的均衡点最可能引起参与者的注意，所以，重复博弈的参与者经常会找到办法加强合作。

17.4 毒气

第一次世界大战将有毒气体作为一种武器来使用，但第二次世界大战没有这么做。当然，第二次大战并不是在公园里野餐，期间曾用过比毒气更恐怖的武器，也发生过极其恐怖的惨案，只是没有使用过毒气。

表17-5的例子来自以往的毒气使用经验。假定有两个国家阿勒曼德和安格雷顿。如果只有一个国家使用毒气，那么使用毒气的国家将赢得微弱优势，收益为3，而不是0。毒气受害国则损失惨重，收益为−10。如果双方都使用毒气，双方的收益都为−8，接近最大损失。我们可以从表17-5中发现，这是一个社会两难博弈。事实上，表17-5来自第3章的一个练习题，当时就被作为一个社会两难的例子。

表17-5 毒气

		安格雷顿	
		使用毒气	不使用
阿勒曼德	使用毒气	−8, −8	3, −10
	不使用	−10, 3	0, 0

如果是一次性的，那么，毒气博弈会有一个占优战略，就是双方都使用毒气，这与第一次世界大战时的情况一样。但是，博弈并不一定是一次性的。在长期战争中，作战双方都有很多机会使用毒气，而且战争还可能一直持续下去，除非未来的某一天某个国家使用了毒气。因此，我们可以运用无限重复博弈理论来分析毒气博弈。

如果双方都不使用毒气，这个重复博弈的收益就是一系列的0。假设阿勒曼德采取针锋相对战略，而安格雷顿只在本轮可能欺骗对方使用毒气。那么，安格雷顿的收益如下：

选择“使用毒气”　　$3, -10, X_3, X_4, \cdots$

选择“不使用毒气”　　$0, 0, X_3, X_4, \cdots$

如果$3 + \delta(-10) < 0 + \delta 0 = 0$，即$\delta > 3/10$时，“不使用毒气”是最佳选择。因此，当战争结束前对手至少还有一次机会使用毒气进行报复的概率大于3/10时，针锋相对战略能够导致合作结果，即双方都不使用毒气。

冷酷触发的情况又如何呢？在战争中，交战双方往往这样看待毒气的使用："我们一旦使用毒气，阀门就打开了，从此毒气就会一直用下去"。因此，冷酷触发更为现实。假定阿勒曼德采取冷酷触发而安格雷顿在本轮使用毒气，那么，安格雷顿的收益为：

选择"使用毒气"　　$3, -8, -8, -8, \cdots$

选择"不使用毒气"　　$0, 0, 0, 0, \cdots$

如果 $3+\delta\frac{1}{1-\delta}(-8)<\frac{1}{1-\delta}0$，即$\delta > 3/11$时，合作是最佳选择。所以，只要战争结束前对手至少还有一次机会使用毒气进行报复的概率大于3/11，冷酷触发战略就能维持双方都不使用毒气。[3] 我们看到，如同往常一样，冷酷触发有着更完全的报复，能够在针锋相对战略做不到的情况下维持合作，即$3/10 > \delta > 3/11$时。

到了现在，我们也许能够理解毒气为什么没有出现在第二次世界大战中了。但是，第一次世界大战使用了毒气，第二次世界大战使用了核武器，这又如何解释呢？

在第一次世界大战使用毒气的收益可能比第二次世界大战使用毒气的收益高。在第一次世界大战中，毒气主要用于堑壕战，作为协同攻击的一部分来战胜敌人的堑壕。到第二次世界大战时，堑壕战已不重要，所以使用毒气的收益愈发下降。事实上，即使收益相同，不同例子的结果不同也不应该引起惊讶。别忘了，重复博弈的均衡不止一个，"总是背叛"只是重复的社会两难的均衡结果之一。也许，两次世界大战在毒气使用上的不同仅仅是因为，我们在第一次世界大战中看到的是毒气博弈的一个均衡（"总是背叛"），而在第二次世界大战中观察到的则是这个博弈的另一个均衡（对称性针锋相对）。

至于核武器，其之所以应用于第二次世界大战，是因为当时具备了如下条件：(1)敌人没有核武器，不能用其实施报复；（2）核武器的使用可以结束战争，所以美国和日本在此后没有使用核武器的机会了。因此，核武器的使用并不是一个重复博弈。

总而言之，第二次世界大战中的毒气博弈是一个通过冷酷触发实现合作均衡的近乎完美的例子。战争中，还有其他一些自我约束的例子适用同样的推理。但是，我们仍然不应忽视一点，在合作均衡中任何事情都可能发生。只要一个国家发动战争，它就可能毫无顾忌地使用所有的武器和战术，而不管这些武器和战术多么致命。

详细解读
A Closer Look

有证据表明，第二次世界大战之所以没有使用毒气，至少有部分原因是对触发战略的顾虑。根据罗伯特·海瑞斯（Robert Harris）和杰里米·帕斯曼（Jeremy Paxman）所述*，英国早期的毒气使用提议被拒绝的理由就是，"如果使用毒气，我们的工业和人民将会立即遭到报复"(p.112)。英国首相丘吉尔建议在特定情况下使用毒气，但是这些情况从来没发生，他把这归功为英国对德国的报复。他说，"他们没有对我们使用毒气的惟一原因是他们担心报复"(p.130)。在接受审问中，德国政府官员赫曼·高林（Hermann Goring）也证实了这个观点（p.138）。美国总统富兰克林曾明确威胁日本，如果日本对中国使用毒气，就将遭致美国的冷酷触发（p.120）。对于毒气使用的自我约束，条约约束、道德限制等其他因素显然也起到了一些作用，但最根本的是对报复的恐惧。

A Higher Form of Killing (New York: Random House Trade Paperback Edition,2002). I am indebted to my student Ying Zhang for bringing this book to my attention.

3 如果考虑时间折现，概率必须大于3/11，但是，既然时间不确定，我们不清楚如何折现。

17.5 合谋定价

触发战略推理在经济学中的最重要应用大概就是合谋定价了。在寡头垄断市场上，例如，只有少数几个销售商的某一产业，销售商可以维持垄断价格，从而使销售商团体的总利润最大。但是，在合谋定价中，每一个销售商都有“欺骗”的动机，他们可以背地里调低价格，抢走那些继续维持高价的竞争者的生意。以表17-6所示的定价困境为例。假定麦格纳公司（Magnacorp）和戈罗斯公司（Grossco）是两个寡头，维持垄断价格对二者都有好处，但是，其中任何一个都能在对手维持价格时通过降价获得更大利润。因此，降价是个占优战略。

表17-6 定价难题的收益

		戈罗斯	
		维持价格	降价
麦格纳	维持价格	5, 5	0, 8
	降价	8, 0	1, 1

不过，由于定价博弈是重复进行的，垄断商可能会考虑利用触发战略保持合作。例如，当$\delta > 3/5$时，针锋相对战略将发挥作用；而当$\delta > 3/7$时，冷酷触发战略会有效。

推理如下：假设麦格纳正打算使用针锋相对战略，但问题是，报复能否吓退戈罗斯在一轮中的背叛呢？如果戈罗斯只降价一次，接着就恢复到维持垄断价格，他的收益将为：

$$8, 0, X_3, X_4 \cdots$$

而如果麦格纳和戈罗斯都继续维持垄断价格，二者的收益均为：

$$5, 5, X_3, X_4 \cdots$$

所以，只要$5 + \delta 5 > 8$，即$\delta > 3/5$时，就能吓退戈罗斯。

对于冷酷触发，双方都清楚，一次背叛将导致此后各轮中的共同被判。这样，降价战略的收益为：

$$8, 1, 1, 1, \cdots$$

维持价格的收益为：

$$5, 5, 5, 5, \cdots$$

收益的折现值为：

$$\text{降价}\ 8+\frac{\delta}{1-\delta}$$

$$\text{维持}\ 5\frac{1}{1-\delta}$$

如果$5\frac{1}{1-\delta} > 8+\frac{\delta}{1-\delta}$，即$\delta > 3/7$时，戈罗斯就不敢私自降价。这样，我们又一次看到，冷酷触发能够在针锋相对战略失效时吓退不合作。

这样，对于稳定的双寡头垄断市场中的垄断商来说，合谋定价并不困难。既然双寡头垄断商在定价难题中的合作行为使他们能够运用垄断势力剥削消费者，因此，这对价格竞争和反托拉斯政策来说是坏消息，尽管在其他一些场合是好消息。如果垄断市场中的成员没有直接制定协议而能够维持高价格，这被称做**缄默性合谋**（Tacit Collusion）。上面的例子说明，在双寡头市场中，缄默性合谋是很普遍的，公共政策很难阻止这种行为。

然而，寡头垄断的厂商数量上限比较模糊，要视具体情况而定。因此，寡头垄断市场上的厂商可能不止两家，有可能三家、四家，或者更多。我们所举的关于重复博弈的例子都是

两个参与者的博弈，包括上面这个寡头垄断的例子。很少有研究涉及多个参与者的触发战略，实际上，很难弄清楚当参与者有三个或三个以上时，什么才是针锋相对。如果只有一个竞争对手在前一轮中降价，报复者会在下一轮中降价吗？如果所有的竞争者都降价，报复者会跟着降价吗？

17.6 错误

冷酷触发看上去非常冷酷，它切断了在未来合作的所有可能性，使双方都陷于不利之中。但理论上，情况并非如此糟糕。只有冷酷触发能够有效导致双方合作时，人们才会使用它。所以，凡是冷酷触发都将导致合作行为，对不合作行为的制裁压根儿就是纸上谈兵，除了威慑之外，不会真的实施。但是，如果考虑到不理智的因素，情况就会变得困难起来。假设参与者在某些时候存在颤抖手：他们虽然总是知道最优反应战略，但偶尔会做出错误选择。这个简单的错误能够引发冷酷触发制裁，参与者之间再也没有合作了。这真是一个糟糕的冷酷。

宽恕触发战略可能更为容忍错误，但即使这样，错误还是会产生严重的后果。假设两个参与者都采取针锋相对战略。如果一个参与者错误地采取了不合作行为，另一个参与者就会在下一轮报复，这个参与者就会在此后一轮接着报复，这样，他们再也不会合作了。然而，针锋相对战略的应用并不需要这么机械。对针锋相对战略来说，在第$n+2$轮及其后各轮采取的期望战略不会影响第n轮的战略。然而对冷酷触发战略来说，未来各轮不合作的预期都会影响到本轮的战略。这样，针锋相对战略可以通过纠错程序更改。我们也许得到“针锋相对但是原谅我”战略：“在第$n+2$轮报复第$n+1$轮的不合作，除非我自己在第n轮错误地实施了不合作战略。”一个道歉也许同样有帮助。受害者可能采取“和平地针锋相对”战略：“在第$n+1$轮报复第n轮的不合作，但在四轮交替不合作后放弃报复。”这个更为复杂的程序能够允许参与者纠正错误，但也可能被狡猾的对手所利用。

至今，关于带有错误的触发战略的研究还不多，所以还有很多东西值得学习。

小结

我们看到，重复博弈本身并不能解决社会两难。这个似是而非的论点的答案在于人们通常并不知道他们的关系会持续多久。当我们假设每轮过后以某个概率存在下一轮时（概率通常小于1），我们能够引入触发战略，例如针锋相对和冷酷触发。这些触发战略一般能支持合作均衡。我们给出了正确的处理方法，把持续一段时间的博弈的收益折现成现值。当重复的社会两难产生合作时，很可能是因为博弈没有确定的终止点，而是总以某个概率存在下一轮。

因此，重复博弈确实会使社会两难博弈的结果发生变化，但这种改变只适用于无限重复的博弈。即使这样，均衡结果可能还有很多种。毕竟，有无限种的触发战略，其均衡时的平均收益介于纯粹的合作和纯粹的不合作之间。所以，即使在无限重复博弈中，合作也并不是博弈双方的必然选择，而只是一种可能。

练习与讨论

17.1 熨衬衫

重新分析一下第16章中熨衬衫的例子，我们假设每轮过后，尼古拉斯不再熨衬衫的概率为0.02，而且现在的1美元与一周后的1.00094美元等值，即年折现率为5%。针锋相对战略在本例中有效吗？说出理由。

17.2 游客的陷阱

旅游胜地的商店名声通常不好，它们的惯用伎俩就是以高价格销售劣质商品。假设这个伎俩有些道理，旅游胜地的商店至少比其他地方的商店更可能欺骗消费者，运用本章的观点，解释一下原因。

17.3 热狗定价

参考练习15.5和16.2。弗兰克和厄尼斯特在相邻的售货车上销售热狗。他们每周选择把热狗定价为1.5美元或2美元，表17-7展示了他们的收益。假设弗兰克改变了他的注意，决心只要健康状况允许就一直继续他的生意。这会使博弈结果发生什么变化？

表17-7　热狗商贩的收益

		弗兰克	
		1.50美元	2.00美元
厄尼斯特	1.50美元	10, 10	18, 5
	2.00美元	5, 18	12, 12

17.4 国会僵局

参考练习16.3。近年来，美国两党间的“僵局”成为难题。在艾森豪威尔、肯尼迪和约翰逊执政时，虽然国会分歧严重，但两党在日常事务上合作得挺好。然而，尼克松总统因水门事件不得已放弃总统职务后，两党在日常事务上的合作障碍就经常导致“僵局”。回顾往事，好像尼克松总统犯了一个错。运用触发战略的概念，讨论水门事件发生前后的经历。

17.5 CEO博弈

安若伯公司CEO的权力非常大。他管理雇员养老基金，而且只要愿意，就能暗中将其占为己有。我们将他的这个战略称做“抢夺”，另一个战略是“不抢夺”。雇员的战略是“工作”和“推卸”。收益如表17-8所示。

表17-8　CEO博弈

		员工	
		工作	推卸
CEO	抢夺	7, 0	1, 1
	不抢夺	5, 3	0, 4

(1) 如果这个博弈是一次性的，找出纳什均衡。把纳什均衡与合作结果作比较。

(2) 观察者注意到，安若伯公司的雇员非常忠诚和卖力，而且雇员养老基金非常充裕和稳定（养老基金虽然全部投资于安若伯证券了，但证券价值一直上升）。假设$\delta = 1/2$，运用本章的概念解释一下观察结果。

(3) 首席财务执行官证实，CEO的一些创新投资战略失败了，为此损失了很多钱。所以在下次董事会召开时，CEO就会被辞退。这有可能改变CEO博弈的均衡吗？

PDG

第五部分

博弈论的应用

第18章　博弈论、法律与社会机制设计

第19章　投票博弈

第20章　博弈与实验

第21章　拍卖

第22章　演进和有限理性学习

第18章

博弈论、法律与社会机制设计

预备知识

- 为了更好地理解本章内容，你需要掌握1~9，12，14和15章的知识。
- 本章主要概念：机制设计、责任、显示、规则制定、相机抉择。

扑克、高尔夫、足球等各种游戏都有其自身的规则，这些规则通常由国际性的委员会或协会负责制定和修改。经济竞争和环境污染等很多隐喻性博弈的“规则”来自法律和公共政策。制定法律和政策的立法者、执法者和公民都希望这些规则能够产生好的结果，然而，规则一旦被付诸实施，所产生的结果就依赖于人们各自的反应以及互相之间的影响。如果人们不合作，大家都针对别人的行动选择最优反应而不是有效地协调集体的行动，有些规则就可能会导致意想不到的糟糕结果。既然人们的行为经常是不合作的，我们就必须通过规则的设计，使人们在非合作的情况下也能实现集体的目标。满足这一特征的规则在博弈论中被称做激励兼容的，理性、利己的经济个体不会违反这类规则设定的目标。

我们可以通过如下方法设计具有激励兼容性的规则：

(1) 首先要有一套规则的候选集。

(2) 将这些规则看做一个博弈，假设人们不合作，确定博弈的纳什均衡，以此预测规则的结果。

(3) 如果结果不令人满意，则更换候选规则重新尝试。博弈论分析可以为如何使规则变得更加有效率提供重要的线索。

(4) 如果上述过程给出了一套具有令人满意的纳什均衡解的规则，建议采纳此规则。这个过程被称为社会机制设计。[1]

---

1 这有显著的社会哲学传统的根源。在社会机制设计中，不用回归到经典希腊哲学中的理想社会，我们就可以感受到杰里米·边沁（Jeremy Bentham）“功利主义”（utilitarian）法律哲学以及崇尚自由的伟大哲学家约翰·斯图亚特·穆勒（John Stuart Mill）的规则功利主义（rule-utilitarianism）哲学思想的强劲回声。总之，博弈论的应用既提供了一个更加准确的理性利己主义概念，又提供了合作与非合作解的对比。

18.1 责任

规定事故责任是法律的一个常见功能。以驾车者和行人的博弈为例，每个参与者都有两种战略可供选择："小心"或"不小心"。[2]"小心"需要付出努力，且努力成本是10美元。若发生车祸，则行人承担费用，为100美元。如果其中任何一方不小心，必然会发生车祸。因此，如果双方都不小心，行人的收益就为−100，而驾车者的收益为0。即使双方都小心，仍有10%的可能发生车祸，此时行人要承担的车祸费用的预期价值为−10，此时行人的收益为−20，其中努力成本为10，预期车祸费用也为10。（此处数值仅仅是为举例而随意给出的。）假设法律没有规定任何车祸责任，此博弈的收益矩阵见表18-1。方格中第一个数值为行人的收益。

该博弈可以通过剔除劣战略（表18-1的阴影部分）解出。对于驾车者，"不小心"优于"小心"。行人的最优反应也是"不小心"。这样，（不小心，不小心）就是此博弈的纳什均衡。[3]

该结果不令人满意。在存在转移效用的条件下，合作解是两方都小心，得到的最大总收益为−30。这是有效率的。法律还要兼顾公平，既然（小心，小心）是行人惟一可以不用承担车祸费用的战略选择，那么该合作解也是相对公平的。显然，双方都小心是我们期望的均衡解。可以引入具有相关责任条款的法律机制，规定不易遭受伤害的驾车者承担部分或全部责任。尽管法学家们并不使用**机制设计**（mechanism design）这个经济学术语，但这却是（法律）机制设计的问题。

在**无过失责任**（pure strict liability）的法律体系中，驾车者要对任何车祸负责。如果发生车祸，行人可以到法院起诉驾车者，法院将判定驾车者赔偿行人车祸费用100美元。[4]该案例的收益矩阵见表18-2。

表18-1 无责任

		驾车者	
		不小心	小心
行人	不小心	−100, 0	−100, −10
	小心	−110, 0	−20, −10

表18-2 无过失责任

		驾车者	
		不小心	小心
行人	不小心	0, −100	0, −110
	小心	−10, −100	−10, −20

该博弈也可以通过剔除劣战略解出。行人有占优战略，"不小心"优于"小心"。驾车者会选择"不小心"以最小化自己的损失。结果与前面一样。显然，无过失责任不是我们要寻找的答案。我们需要制定能够促使两个参与者都采取小心战略的法律规则。

---

2 法律已赋予"小心"（due care）和"非常小心"（great care）等类似的概念非常精确的含义，因此可以在法庭记录上进行查证，模糊的概念会显得十分外行。

3 该部分的案例参考了Douglas Baird，Robert Gertner和Randall Picker的《博弈论与法律》（*Game Theory and the Law*）(Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1994)，第1章。

4 所有的诉讼都与钱有关，这是事实，因此受害者仅仅可以获得金钱上的赔偿。这样，博弈论假设货币等价于可转移效用在法律应用中也是恰当的。同时，当我们用博弈论分析作为对人类行为的预期时，正如这些应用中所展现的，我们应当"小心"，谨记人们的行为是由主观想法左右的，包括风险规避，很难减少金钱上的支付。当然，这个问题对于以介绍为主的本书来讲显得过于复杂。

英美法系中关于民事侵权行为[5]有一个得到广泛应用的法律标准，即只有在驾车者有过失（不小心）而行人没有过失（小心）的情况下，行人才可以获得赔偿。如果行人不小心，由于他的过失导致车祸，驾车者就不用承担责任。该博弈的收益矩阵见表18-3。该博弈仍可以通过剔除劣战略解出。对于行人，“不小心”是劣战略，见表中阴影部分。同样“不小心”也是驾车者的劣战略，将劣战略剔除，我们就可以得到（小心、小心）战略。了解到自己将要承担的责任，驾车者和行人都会做出理性的利己主义的选择，即小心。由于过失责任和与有过失的存在，非合作均衡解与合作均衡相同。这样，过失责任和**与有过失**（contributory negligence）共同规定了一个结果具有效率的博弈。这可能也是英美法系中的这些规则能够广泛应用的原因之一。

法律要兼顾公平与效率。在机制设计中，设计者决定哪种结果是我们所期望的。效率几乎总是设计的标准之一，但是公平（某种意义上）也可能成为一个标准。在存在过失责任和与有过失的法律体系中，即使双方都小心，仍有10%的可能性发生车祸，行人仍要承担车祸成本。在行人已尽力降低风险的情况下，由更易遭受伤害的一方，即行人，来承担费用是不公平的。（这是依赖于个体差别的一种个人抉择，为了举例我们暂且采用它。）因此，无过失责任的法律规则被认为是更公平的（尽管是低效率的），因为它总是将责任归咎于不易遭受车祸伤害的驾车者。我们必须在公平与效率二者之间做出选择吗？

也许不必。可以将无过失责任和与有过失相结合。除非由于行人不小心而导致车祸，否则驾车者就要承担责任。如果双方都小心，则不管车祸是否发生，都由驾车者承担费用。该博弈的收益矩阵见表18-4。

表18-3 过失责任和与有过失

		驾车者	
		不小心	小心
行人	不小心	−100, 0	−100, −10
	小心	−10, −100	−20, −10

表18-4 过失责任和与有过失

		驾车者	
		不小心	小心
行人	不小心	−100, 0	−100, −10
	小心	−10, −100	−10, −20

该博弈的均衡解不变，即（小心，小心），但均衡解中双方的收益不同，因为行人已经尽力避免车祸的发生，因而不承担车祸费用。

因此，博弈论能够帮助我们找出结果合意的法律规则。这个例子说明了以下几点，这几点在机制设计与博弈论在法律上的应用中是很普遍的。首先，将非合作均衡解作为对博弈结果的预期。其次，存在着一些更优的均衡解。在这些例子中，每个例子的均衡解都是惟一的，并且都可以通过剔除劣战略得出。具有多重纳什均衡解的博弈，其预期不是确定的，因此设计的结果可能也就不是确定的。一方面，既然只有一方有占优战略，有些纳什均衡就不是占优战略均衡。如果由机制来规定一个合作占优博弈，即合作战略同时也是占优战略均衡，这将是一个理想状态，在这种情况下，预期博弈的均衡解肯定会出现。另一方面，选择何种设计取决于设计者所采用的目标。如果仅看效率目标，可能有不止一套规则可以满足它；然而，如果公平或其

5 民事侵权行为（tort）在法律中是指对其他人权利的非故意侵犯。相对地，犯罪行为就是故意的。虽然“民事侵权行为”一词在日常生活中并不常用，但是痛苦（torture）和痛苦的（torturous）等词都是它的同根词，通常都意味着伤害。

他目标在一定意义上也是目标的话，令人满意的选择可能会受到更多的限制。

机制设计可以视为一种嵌入博弈，于是，行人和驾车者之间的博弈就被嵌入到一个更大的博弈中，其中设计者也是参与者。设计者的收益取决于特定规则下的纳什均衡实现设计者目标的程度。收益为1，表示结果是有效率或公平的，但不是两者兼而有之；收益为2，则是效率和公平兼而有之。这样，对于要兼顾效率与公平的设计者，无需负责任的收益为0，无过失责任和具备与有过失的过失责任的收益分别为1，具备与有过失的无过失责任的收益为2。为使收益最大化，设计者会选择具备与有过失的无过失责任。

这个法律的例子相对简单，下面的例子将更加复杂。

18.2 小组项目的评分问题

斯卡纳博士开设了一个博弈论研讨班，他要求学生分组做项目，每个小组三名学生。[6] 身为博弈论专家，斯卡纳担心，如果同一组的学生分数相同，可能会导致努力的两难困境。例如，科技组的成员是三名工程专业的一年级新生：奥古斯塔，比尔和塞西莉亚。他们原本以为博弈论教的是如何玩电子游戏，后来才发现并非如此[7]。在做小组项目的时候，三人当中的每个人都可以选择尽最大努力（即工作）或者只付出一点努力（即偷懒）。他们共同的得分将取决于平均的努力程度，如果选择“工作”，则个人的收益就是小组的得分减去个人努力的成本。收益矩阵见表18-5，得分用数值的形式表示：D = 0，C− = 1，C = 2，C + = 3，B = 4，A = 5。（斯卡纳博士所在的大学评分只有C+和C−，而没有C）。该博弈存在一个占优战略均衡，即每个人都选择偷懒，此时团队的得分是C−。

表18-5 学生努力的两难困境

		塞西莉亚			
		工作		偷懒	
		比尔		比尔	
		工作	偷懒	工作	偷懒
奥古斯塔	工作	4, 4, 4	3, 5, 3	3, 3, 5	0, 4, 4
	偷懒	5, 3, 3	4, 4, 0	4, 0, 4	1, 1, 1

斯卡纳博士想设计一个有效的评分规则，促使学生们选择表格左上角的合作解，即每个人都工作。这有两个难点：首先，努力是无法观察的，每个人能够观察到的只是努力的结果，即每个学生做出了多大的贡献。斯卡纳博士认为，工作的学生贡献总比偷懒的学生大，因此，按照对项目的贡献为学生进行评级，给贡献大的学生加分，就能激励学生们去工作而不是偷懒。第二个问题是，斯卡纳博士不知道哪个学生做的贡献大，只有小组中的其他学生才知道。现在

6 这个例子由Pablo Amoros，Luis C. Corchon和Bernardo Moreno提出，“奖学金分配问题”，《博弈与经济行为》，v.38，第一期（2002年1月），第1~18页。

7 这就发生在我的一个课程上。我们解决了这个问题以后，学生们做了一个项目，关于电子游戏产业的竞争，并得到了A。

考虑第一个问题。根据贡献大小为学生评级，排名第一的学生加3分，排名第二的学生加2分，排名第三的学生不加分。假设所有的学生都“工作”，每个人就有1/3的机会得3分的奖励，1/3的机会得2分的奖励，收益的期望价值就为$4 + (1/3)\,3 + (1/3)\,2 = 5\frac{2}{3}$。假设比尔“偷懒”，而奥古斯塔和塞西莉亚“工作”。比尔在最初的收益矩阵中得到的收益仅为5，但是奥古斯塔和塞西莉亚得到的收益均为3，再加上有1/2的机会得3分的奖励以及1/2的机会得两分的奖励，总收益为$3 + 3/2 + 2/2 = 5\frac{1}{2}$。含有奖励制度的收益矩阵见表18-6。

表18-6 带有奖励分的学生努力的两难困境

		塞西莉亚			
		工作		偷懒	
		比尔		比尔	
		工作	偷懒	工作	偷懒
奥古斯塔	工作	$5\frac{2}{3},5\frac{2}{3},5\frac{2}{3}$	$5\frac{1}{2},5,5\frac{1}{2}$	$5\frac{1}{2},5\frac{1}{2},5$	3, 5, 5
	偷懒	$5,5\frac{1}{2},5\frac{1}{2}$	5, 5, 3	5, 3, 5	$2\frac{2}{3},2\frac{2}{3},2\frac{2}{3}$

在修改后的博弈中，“工作”变成了占优战略，博弈成为合作占优博弈。正是我们所期望的，机制设计带来了有效率的结果。

现在看第二个问题，即斯卡纳博士不知道哪个学生对项目的贡献较大，他得到的仅仅是学生们完成的论文。学生清楚谁的贡献较大，这就意味着，斯卡纳博士必须从他们那里获得信息。问题是每个学生都有歪曲事实的动机。为了更有机会获得奖励分，每个学生都可能给自己排序第一，斯卡纳博士必须设计一套机制来解决这个问题。

新的机制是，每个学生为同组的其他两个学生评级。斯卡纳博士相信，如果不影响自己的得分，大家都会愿意让贡献最大的学生得最高的奖励，[8]因此，会如实地根据其他两个学生相应的贡献来为他们评级。斯卡纳博士取同组其他两个学生为第三个学生评定的最低等级作为对其最初的评估。但是，在这一阶段可能会出现平局。如果有两个学生的等级相同，而第三个学生的等级与他们不同，斯卡纳博士就让第三个学生对这两个学生重新评级。

在科技组中，奥古斯塔和比尔“工作”，塞西莉亚“偷懒”。[9]奥古斯塔和比尔抽签决定由奥古斯塔来完成论文最重要的部分，因此她的贡献最大，比尔其次，塞西莉亚贡献最小。三人

8 如果两个学生通过合谋达成协议，让第三个学生做全部的工作，然后互相将对方评为最高等级，这一机制就将失效。虽然为第三个学生评级的两个学生之间存在合作的可能，但由于斯卡纳博士进行的是社会机制设计的标准练习，主要依靠非合作均衡来预测博弈中人们的行为，因此暂不考虑合作的问题。然而，在本例和其他一些例子中，虑及合谋与非理性的存在将是有益的。或许未来的研究会在这个方向上有所推进。

9 塞西莉亚一定没有理解占优战略！记住，这里仅仅是为了使规则更清晰而做出的说明。

的等级评定情况见表18-7。B（比尔）给A（奥古斯塔）评“第一”，给C（塞西莉亚）评“第二”。由于学生不能给自己评级，所以对角线上的方格是空白。最末行即“最小值”栏，取每个学生得到的最低等级作为其最终等级，这就意味着，奥古斯塔将加3分，但是比尔和赛西莉亚平局。斯卡纳博士通过奥古斯塔的评定来打破平局。既然奥古斯塔给比尔评“第一”，所以斯卡纳博士给塞西莉亚评“第三”，比尔得到2分的奖励。

表18-7 团队中学生的评级情况

		被评定等级的学生		
		A	B	C
为他人评定等级的学生	A		第一	第二
	B	第一		第二
	C	第一	第二	
最小值		第一	第二	第二

从上面的分析可以看出，斯卡纳博士成功了，他设计的评级机制达到了他的目标：（1）消除努力的两难困境，使“工作”成为占优战略；（2）从学生那里获得需要的信息；（3）没有给学生任何通过伪造信息来提高自己评级的机会。这一评级机制能够激励学生们向老师显示（reveal）他们拥有的信息。

该例表明，信息通常是成功的机制设计的关键。代理人拥有机制设计所需的信息，但他们能否显示这些信息，以及能否如实显示，却是战略决策问题。如果说谎或隐瞒信息是最优反应，有些人（并非全部）就会选择说谎或隐瞒信息。成功的机制设计要能够抑制这种趋势。

下面是一个与政治有关的例子。在广义上，我们需要什么样的政府？如果我们必须通过政府部门来制定关系到我们的各种决策，我们希望他们是仁慈的，是这样吗？或许不是。

详细解读
A Closer Look

任何社会机制或权力的设计都需要信息，只有从嵌入博弈的参与者那里才能得到这些信息。参与者有可能说谎或隐瞒信息，与这个机制进行博弈。在上面的例子中，如果被允许，学生可以通过给自己评最高等级而获益。因此，成功的机制设计必须能够鼓励参与者如实地显示其所拥有的信息，不能让他们有说谎或隐瞒的动机。这是机制设计的一个重要原则。

18.3 仁慈政府部门的悖论

博弈分析的结论经常是有悖常理的，也就是有悖于直觉或“常识”。 这是一件好事，能够促使我们不断地思考并寻找直觉和博弈论中的漏洞，从中学到更多的东西。

本书大部分内容涉及的都是社会两难问题。在这类博弈中，人们按照理性的利己主义制定决策，得到却是对己不利的结果。许多社会学家、哲学家和数学家一直认为，社会两难问题的存在是政府部门干预个人选择的一个理由。然而，这种观点有一个问题，它把政府部门当作“解围之神”——一种可以预言未来、按部就班解决所有问题的仁慈的机器人。这与实际不符。为了修正这个问题，我们需要把政府部门看做博弈的一个参与者。人们凭直觉认为，能够“感知老百姓的痛苦”，[10] 并竭尽所能造福于民的政府是好政府。[11] 但直觉可靠吗？这正是我们要讨论的。

10 根据当时的新闻报道，美国总统（1993~2001）克林顿（William Jefferson Clinton）经常向投票人保证，他能够感受到他们的痛苦。

11 当然，每个人的直觉是不同的，所以你可能不这样认为。

在社会两难问题中，政府部门的目标是规制参与者的行为。看一个最简单的只有两个参与者的社会两难问题。假定这两个人没有规制的权力，称为平民。他们的两难问题见表18-8。

政府部门是该博弈的第三个参与者，它能够改变平民的收益，因而是一个特殊的参与者。政府部门有两种战略，“惩罚”或“不惩罚”。如果它选择“惩罚”，两个平民的收益都会减少7；如果选择“不惩罚”，两个平民的收益不变。[12]

政府部门还有另外两个特点：

• 仁慈：政府部门的收益是平民的收益之和。

• 灵活：政府部门只有在平民做出选择之后才选择自己的战略。

现在假定，如果平民中有人选择“背叛”，政府部门就选择“惩罚”。平民的收益矩阵如表18-9所示，两人会选择“合作”，合作成为博弈的占优战略均衡，这正是政府规制的目的。

表18-8 平民的两难问题

		平民1	
		合作	背叛
平民2	合作	10, 10	0, 15
	背叛	15, 0	5, 5

表18-9 带有惩罚的收益矩阵

		平民1	
		合作	背叛
平民2	合作	10, 10	−7, 8
	背叛	8, −7	−2, −2

但困难是，上面的情况并没有考虑政府部门的灵活性与仁慈性。政府部门确实会选择上面的战略吗？这是政府部门的子博弈完美均衡吗？如图18-1所示，假定平民1先做选择，平民2 后做选择。在囚徒困境中，哪个参与者先选择或两人同时选择都无关紧要，重要的是政府部门最后做出选择。图中的收益是政府部门的收益。

小练习：该博弈的子博弈是什么？适当子博弈又是什么？[13]

让我们运用后向归纳法来“简化”这个博弈。首先，在节点A_1，政府部门不会选择惩罚，因为惩罚带给它的收益为6（平民的收益之和），而不惩罚的收益为20。同样的情况也存在于节点A_2、A_3和A_4。政府部门在每一节点选择“不惩罚”的收益都大于“惩罚”的收益，因此，“不惩罚”是政府部门的占优战略。可以将该博弈简化，见图18-2。

图18-2给出了两个平民的收益。这只是最初的“囚徒困境”。事实上，惩罚绝不是子博弈完美均衡。无论两个平民如何选择，惩罚都会使他们的收益减少。既然政府部门的收益是两个平民的收益之和，政府就有动机选择不惩罚，因此，政府部门不能改变“囚徒困境”。两个平民都会选择“背叛”，他们的收益为（5, 5），政府部门的收益为10。

或许，政府部门会宣布如果平民“背叛”，就实施惩罚。但平民不可能上当，因为他们清楚惩罚会减少政府部门自身的收益，因而政府部门不会选择“惩罚”战略。它做出的将会实施惩罚的宣告是不可信的。只有当惩罚是子博弈完美均衡时，这个威胁才是可信的。

12 你可能会感到奇怪，权力机构为什么要么惩罚所有的人，要么一个都不惩罚。在下一部分，我们会将这种分析应用到金融管理机构。要想平抑带有通货膨胀倾向的物价上涨，金融管理机构的惟一办法就是，通过控制货币供给和增加失业来惩罚所有的人，不管人们有没有真的抬高物价。这就是假设的原因。

13 答案见本章最后一页。

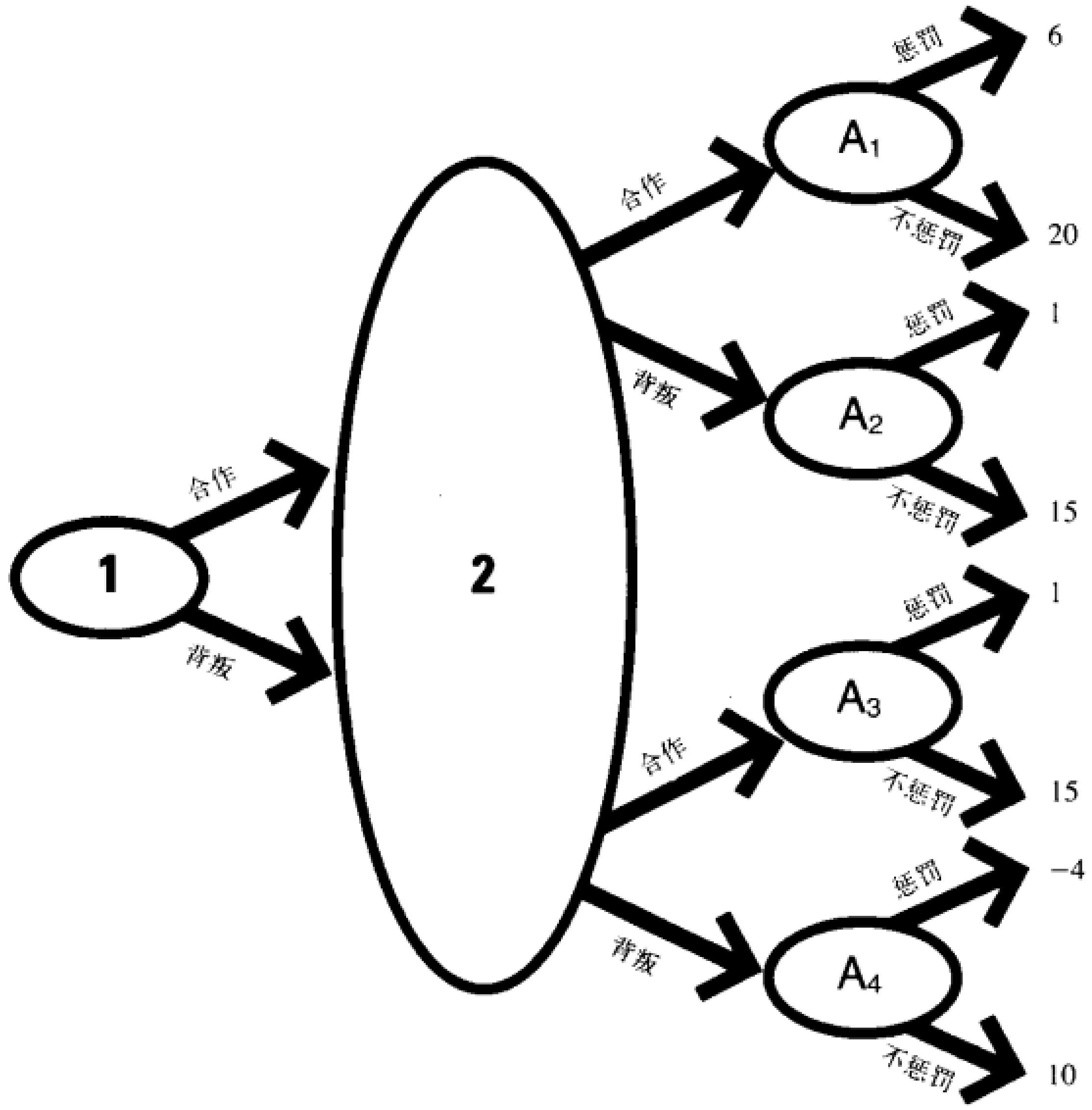


图18-1 政府部门的博弈

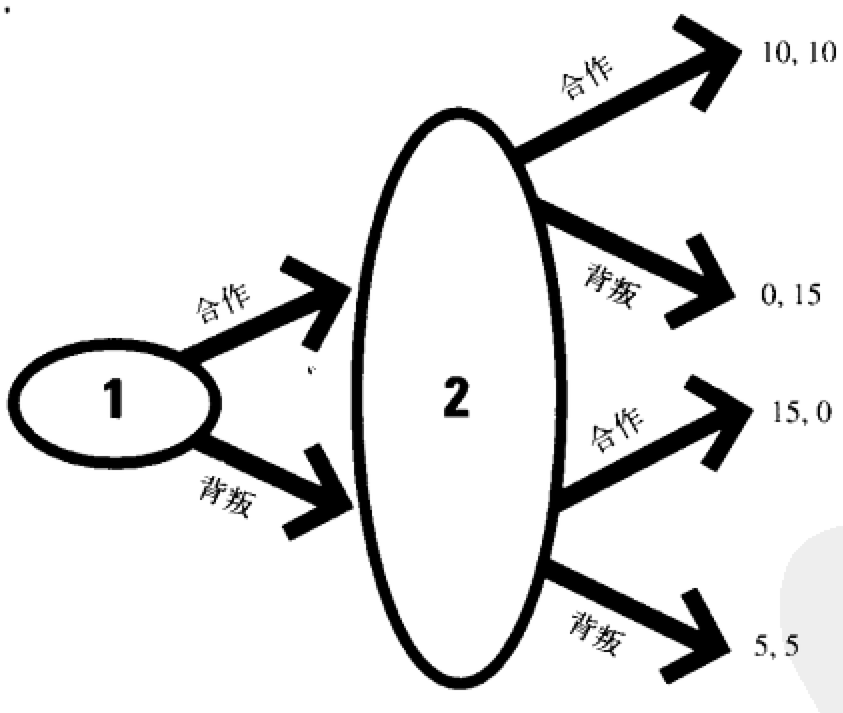


图18-2 简化的权力结构博弈

仁慈的政府部门是自相矛盾的，它不能做出任何有益于平民的事情，因为它是仁慈和灵活的，它的威胁是不可信的，平民也知道他们不会真的被惩罚。除非在任何一个平民选择背叛时，它都能够在某种程度上兑现自己的惩罚诺言，否则政府部门希望避免的囚徒困境就会仍然出现。仁慈与灵活的政府部门可能是低效率的，只因为它是仁慈与灵活的，这就是仁慈的政府部门悖论。

18.4 应用——金融管理机构

现代金融体系由金融管理机构掌管，如美国的联邦储备体系。金融管理机构的管理规则是一套关系到数以千万人福利的社会机制。这些规则应当如何运作呢？常识告诉我们，金融管理机构应当顺应民意，用增加货币供给的办法减少失业和促进经济繁荣。但问题是，如果金融管理机构真的这样做了，可能会导致通货膨胀。据此，很多经济学家和一些其他人士主张，金融管理机构应该独立于政治，以抑制通货膨胀作为行动的准则。美联储以及其他国家的金融管理机构已经部分地做到了这一点，他们的独立性在不断提高。

由前例可知，奖励制度可以使合作行为成为占优战略。然而，金融管理机构无法奖励合意的行为。如果物价水平上涨，金融管理机构所能做的就是无为而治，任由失业上升。不仅那些不合作（提高物价）的人会遭受“惩罚”，其他人也要跟着遭殃。

货币经济学家可能并不使用博弈论，但他们要求金融管理机构保持独立的观点却以博弈论的知识为基础，他们深知，权力机构是不是博弈的参与者，直接关系到博弈的结果。

在现代经济中，中央银行控制着货币供给。许多货币经济学家在探讨中央银行的行动规则时，运用了现代宏观经济学中的两个重要原则：**规则制定而不是相机抉择**（rules rather than discretion）的原则，**可信性**（credibility）原则。

- 规则制定而不是相机抉择的原则。政府部门应当按照预先制定的规则行动，而不是等到事件发生后再相机抉择。就中央银行而言，它们应该根据某一简单的规则（对此仍然存在争议）控制货币供给或国债利率，例如以一个稳定的速率增加货币供给，或在生产接近生产能力时提高利率以防止通货膨胀。如果不事先明确规则，当某些经济个体抬高价格时，金融管理机构就可能稀里糊涂地多印钞票，造成通货膨胀，促使其他经济个体也跟着提高价格。虽然通货膨胀可能会减少失业，但必须避免，因为经济个体能预料到这一点，并且会更大程度地提高价格。
- 可信性原则。对于政府部门来讲，仅遵守规则是不够的，如果要使规则产生最佳效果，遵守规则的承诺必须是可信的。

这两个原则从根本上影响着金融管理机构的行动方式。在美国和德国等强通货国家，中央银行或货币管理机构完全独立于政治，投票者要求更“灵活”政策的政治压力不会传递给金融管理机构，即便能够传递，压力也并不大，因此，金融管理机构更可能遵守事先制定的规则，遵守规则的承诺更加可信。然而，金融管理机构与政治独立则意味着金融管理机构不能感知人民的“疾苦”，由于这一点，金融管理机构还应当遵守第三个同等重要的原则：主体上独立于政治，但又不能完全忽略民意。

小结

博弈由其规则定义，这些规则影响着博弈中理性参与者的非合作均衡。机制设计是围绕规则进行的，我们首先确定博弈的非合作均衡，以之作为目标，然后调整规则以达到这种均衡。现实中的问题可以用嵌入博弈的机制设计来分析，着手解决问题的人就是机制的设计者，他处在一个更大的博弈中，设计的规则就是他选择的战略。博弈论在法律以及金融管理机构中的应用便符合这种模式，尽管这些领域并不存在机制设计这一术语。例如，法律中的责任规定可以一步步地调整、完善，以保证均衡时所有的经济个体都能采取必要的防护而避免车祸的发生。机制设计的概念还告诉我们，金融管理机构应与政治保持独立，他们应当根据既定的规则制定政策，而不是等到事情发生时相机抉择。但是，机制设计要受到信息的限制，

当嵌入博弈的部分参与者拥有机制运作的必要信息时，机制的设计就必须要能鼓励参与者显示他们拥有的信息。

练习与讨论

18.1 建造防洪堤

维多利亚和旺达在温丁河沿岸拥有部分土地，这些土地不时地会被洪水淹没。每个人都可以选择建造或不建造防洪堤，如果他们都建造防洪堤（花费为1），他们的土地就都可以免遭洪灾。如果他们中的任何一个没有建造，他们就都将遭受洪灾，损失为5。收益矩阵见表18-10。

表18-10 建造防洪堤的收益矩阵

		旺达	
		建造	不建造
维多利亚	建造	−1，−1	−6，−5
	不建造	−5，−6	−5，−5

该博弈有两个均衡解，其中一个是低效率的。我们需要一套社会机制来确保有效的供应以防止洪灾。现假定政府计划推行洪灾保险，来支付洪灾造成的全部损失。如果两个人都建造防洪堤，保费为1；如果一个人不建造而另一个人建造，保费为3；如果两个人都不建造，保费为4。

画出两个人都被投保的收益矩阵。画出两个人选择是否投保的嵌入博弈的树状图，运用后向和正向归纳两种方法确定嵌入博弈的子博弈完美均衡，这个均衡是有效率的吗？保险基金会赔偿他们的损失吗？

18.2 自由主义

市场体系可以视为一种机制，它将稀缺资源配置到它们能产生最大用途的地方。根据经济学家弗里德里希·冯·哈耶克（Friedrich von Hayek）的研究，有关资源的可用性方面的信息广泛分布于人们中间，没有一个政府能够拥有大部分的信息。因此，哈耶克认为，市场在配置资源方面要优于其他制度。根据本章的内容对哈耶克的观点做出解释。

18.3 其他政府部门

在仁慈政府部门悖论这一例子中，惩罚必须施加给两个平民，即使他们中只有一个人选择背叛。金融管理机构的情况与之相似，抑制通货膨胀的“药方”会牵连所有人。然而，有些政府部门能够有针对性地施加惩罚，这会产生不同的结果吗？假设政府部门可以对一人施加惩罚而对另一人不施加，这样，它就有四种战略可供选择：两人都惩罚，惩罚平民1，惩罚平民2，两者都不惩罚。政府部门的16个可能结果的收益各是多少？在什么条件下仁慈的政府部门会实施惩罚？这个更复杂博弈的均衡解是什么？如果政府部门向一个人征收罚款，然后把钱转让给另一个人，那会怎样？

18.4 保存

法波蒂女士是一个富有的老年妇女，一生都生活在自己的私人农场中。她想永久地将这些土地作为农场使用；但是，该地区正在进行城市化，在土地上建造房子更加有利可图。现在，法波蒂已经退休，她可以将农场卖给邻县的一个农场主皮艾尔·布罗曼，也可以卖给法罗克保护协会，——一个保证将其所有的土地保留为农场的非营利性团体。以扩展式博弈的形式解释法波蒂女士的选择，将皮艾尔·布罗曼和法罗克保护协会的选择作为嵌入博弈。确定出子博弈完美均衡解；法波蒂女士会选择谁作为买家？提示：皮艾尔·布罗曼可能会选择将土地卖给房地产开发商，而法罗克保护协会则不会这样做。

18.5 其他非营利性机构

许多靠捐赠或捐献运营的私立大学、教堂以及其他机构都是非营利性团体。运用你对前例的推理，对这种情况做出解释。

18.6 专利

专利赋予发明者在一定期限内垄断使用其发明成果的权利。这种保护的目的是提高发明的收益，因为如果没有专利保护，每个成功的专利很快就会被模仿，发明者将无法收回用于发明的投资，长此以往，发明成果会越来越少，许多有益于社会的发明可能被延误甚至根本不会出现。专利的保护期可长可短。较长的专利保护期会提高发明的利润，进而激励更多的发明，但在很多情况下，如果垄断权持续的时期超过使发明创造利润的时期，就造成了浪费。许多经济学家认为存在一个最优专利保护期，可以平衡更多发明的益处与垄断的缺陷。不幸的是，我们并不知道最优的专利保护期是多久。将专利政策作为一个社会机制设计问题进行讨论。专利政策这一大博弈中嵌入了哪些博弈？除了专利保护之外，还有其他手段能够达到同样目标吗？

（本章注释13所指的答案：存在5个子博弈——A_1、A_2，A_3，A_4和作为总体的博弈，前4个是正当子博弈。）

PDG

第19章 投票博弈

预备知识

- 为了更好地理解本章内容，你需要掌握第1~9，11，14和15章的知识。
- **本章主要概念**：过半数、简单多数、单峰偏好、中间投票者、战略性投票、自然投票、孔多赛原则、偏好投票。

人们用投票的方式进行选举。选举有普遍认可的规则，通常有一个明确的胜利者和一个失败者，或很多失败者。因此，可以将选举视为一种博弈，如何进行投票就是参与者的战略。本章介绍投票的博弈分析，我们依然从一个例子开始，看一看女生联谊会的执行委员如何决定派对的开销。

19.1 派对！派对！派对！

斯纳林女生联谊会正在筹划一个大型派对，执行委员会必须决定从委员会基金中开支多少。安娜、芭芭拉和卡洛琳是执行委员会的委员。她们可以花费100、150、200、250或300美元。三个委员的偏好如表19-1所示。例如，安娜最想花150美元，而花100美元是她最不喜欢的——在五个选项中排名第五。图19-1以图的形式展示了这些偏好。既然第一偏好是最高的，它在图中也是最高点。

表19-1 执行委员会三个委员的偏好

	100美元	150美元	200美元	250美元	300美元
安娜	第5	第1	第2	第3	第4
芭芭拉	第3	第2	第1	第4	第5
卡洛琳	第5	第4	第3	第1	第2

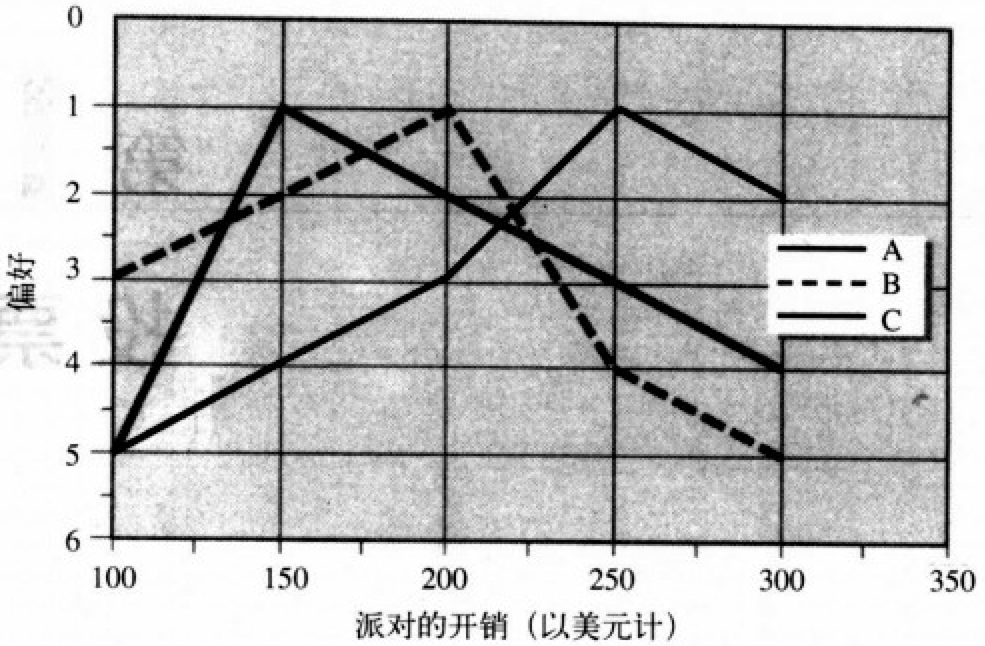


图19-1 执行委员会三个成员对不同花费水平的偏好

安娜认为，最合适的派队开支是150美元。芭芭拉和卡洛琳都建议对安娜的提议做些修改。芭芭拉的修改建议是把花费提高到200美元。芭芭拉和卡洛琳都投票赞成，因为相对于花费150美元来说，她们都更偏好200美元。(200是芭芭拉的第一偏好，卡洛琳的第三偏好，而150是芭芭拉的第二偏好，卡洛琳的第四偏好。) 卡洛琳建议把派队开支进一步提高为250美元。安娜和芭芭拉都投票反对这个修改建议，因为相对于花费250美元来说，她们都更偏好花费200美元。(200是安娜的第二偏好，芭芭拉的第一偏好；而250是安娜的第三偏好，是芭芭拉的第四偏好)。这样，最终决定是花费200美元办派对。

芭芭拉在这次投票中如愿以偿。为什么？有两个原因。第一，如果我们从图19-1的左侧开始看就会发现，在达到最高偏好之前，每个人的偏好水平都提高了，上升速度虽然不一定稳定，但却没有逆转；在最高偏好之后，每个人的偏好水平都一路下降，同样也没有逆转。如果偏好具备这种特性，我们就称之为**单峰偏好**（single-peaked preference）。相反，看一下图19-2中约兰娜的偏好。约兰娜不是执行委员会委员，所以没有表决权，但她喜欢廉价的派对，花费100美元是她的第一偏好，不过，当花费超过100美元时，她又觉得女生联谊会最好花完所有的300美元，这是她的第二偏好。于是，约兰娜的最高偏好是模糊的：100美元是一个峰值，第二偏好300美元也是一个峰值，至少相对第四偏好250美元和第五偏好200美元来说是这样，称为**局部峰值**（local peak）。

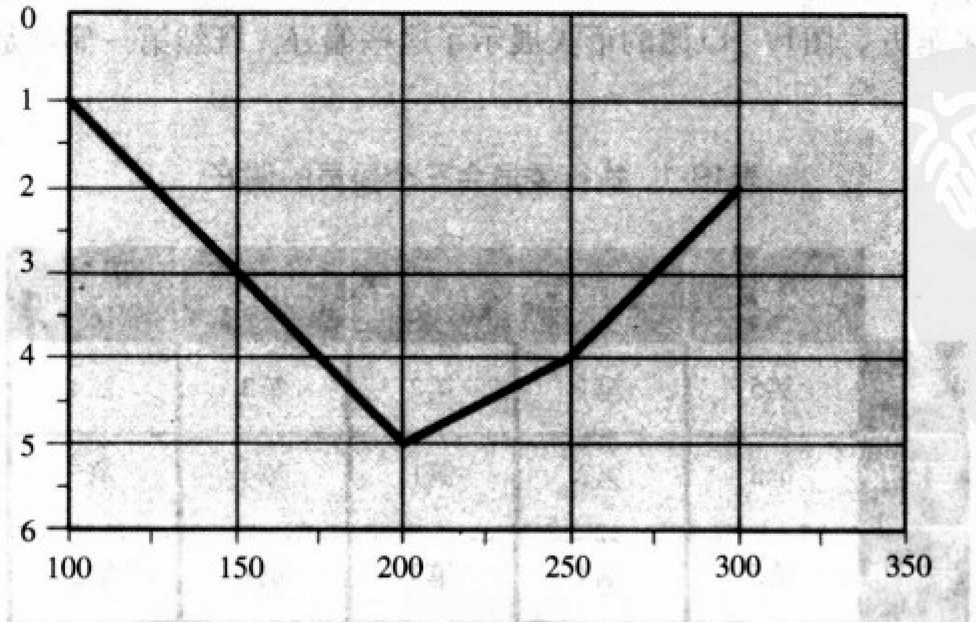


图19-2 约兰娜的偏好

执行委员会的委员都是单峰偏好，因此我们可以毫不含糊地挑选出每个人的最高偏好，就偏好而言，移向某个人的最高偏好会使她的状况变好。[1]

芭芭拉如愿以偿的第二个原因是：当我们列出表19-2所示的峰值偏好时会发现，芭芭拉的峰值偏好处于中间。在这次投票中，芭芭拉是**中间投票者**（median voter)。一方面，她愿意花的钱比安娜多，所以任何由上方趋向她的第一偏好200美元的移动也会得到安娜的支持，两人联手就**过半数**（majority）了。另一方面，芭芭拉愿意花的钱比卡洛琳少，因此，任何从下方趋向她的第一偏好200美元的移动也会得到卡洛琳的支持，她俩一起又会过半数。综合这两个方面可以看到，任何趋向芭芭拉最高偏好的移动都会得到过半数的支持，这就是中间投票者的优势。

表19-2 最高偏好

姓名	最高偏好
安娜	150美元
芭芭拉	200美元
卡洛琳	250美元

通常，中间投票者是偏好的强度既比半数减一的投票者高，又比半数减一的投票者低的投票者。这样，任何从下方趋向中间投票者第一偏好的移动，都将得到第一偏好高于中间投票者第一偏好的所有投票者的支持，所以，加上中间投票者自己的选票，他会得到半数以上的支持。同理，任何从上方趋向中间投票者第一偏好的移动，也都将得到第一偏好低于中间投票者第一偏好的所有投票者的支持，所以，加上中间投票者自己的选票，他又将得到半数以上的支持。一般说来，只要所有投票者都有单峰偏好，趋向中间投票者最高偏好的移动便会得到半数以上投票者的支持。这样，在过半数投票原则下，中间投票者的偏好是决定性的。

上述例子说明了用博弈论分析投票的一些重要环节。第一，投票可以被看做是博弈的战略，过半数投票原则（或其他投票方案）界定了博弈的规则。第二，例子中使用了一些重要的简化假设，假定偏好是单峰的，人们对问题的分析是单维的，按照从少到多展开；执行委员会的每个成员只投票支持她偏好的选项。不过，我们在下一节会看到，如此投票并不总是理性的战略选择。

19.2 派对主题

斯纳林女生联谊会的派对有三个候选主题：狂热青春（R)、瑞士阿尔卑斯山(S)，以及热带岛(T)，不同主题的派对有着不同的装饰和服装。执行委员会对这三个主题难以取舍，决定让全体成员投票表决。女生联谊会的成员按偏好可分为三种类型，分别称为X、Y和Z，每一类成员的具体偏好以及人数比例见表19-3。

表19-3 派对主题的偏好

投票者类型	主题			投票者比例
	狂热青春	阿尔卑斯山	热带岛	
X	第1	第2	第3	31
Y	第2	第1	第3	29
Z	第3	第2	第1	40

现在，假设每一类投票者都投票支持她们的第一偏好。热带岛主题的得票最多，成为**多数票**（plurality）选项。但是，对于60%的投票者来说，这是最差的选择。很多时候，多数制的结果会与过半数原则相冲突，得票最多的选项往往遭到半数以上投票者的反对，这是多数制的一个最根本的问题。如果斯纳林执行

1 这个讨论归功于Howard Bowen, "The Interpretation of Voting in the Allocation of Economic Resources," *Quarterly Journal of Economics* v. 58 (1943): pp. 27-48.

委员会想得到一个过半数的决定，就必须选择比多数制更复杂的选举规则。一种可能是**复选**（runoff election），即举行两轮投票，第二轮投票的选项是第一轮得票最多的两个选项。如果在第一轮中某个选项得票超过半数，那么就取消第二轮投票。这样在投票者只表决第一偏好的假设下，第一轮将排除瑞士阿尔卑斯山选项，在复选中，狂热青春战胜热带岛，获得胜利。

从本例可以看出，投票的结果依赖于“博弈的规则”。在投票者的偏好没有任何改变的条件下，投票规则由多数制改为带有复选的过半数制，就可以改变选举的结果。到目前为止，我们一直假设投票者总是投票支持他们的第一偏好。然而，这是最优反应吗？是否在某些情况下，为了避免某一更坏的选项，有必要战略性地将票投给自己的第二偏好呢？这是我们下面要探讨的问题。

19.3 战略性投票

如果投票者是理性的博弈参与者，他们可能不选择他们的第一偏好。设想，如果选举只进行一个阶段，得票最多的选择将被采用。假设Y类成员和Z类成员均选择他们的第一偏好，那么，X类成员将票投给自己的第二偏好会改善她们的结果。如果照惯例把票投给她们的第一偏好，胜出的会是热带岛，这是X类成员的第三偏好。而如果把票投给她们的第二偏好阿尔卑斯山，胜出的就会是她们的第二偏好。这是一个战略性投票的例子。当一个投票者为了得到更好的总结果而投票赞成不是他的第一偏好的选项时，我们称这个投票者在进行**战略性投票**（strategic voting）。当投票者每轮都只投票赞成他们的第一偏好，则称为**自然投票**（naïve voting）。

实际上，在某些情况下，Y类成员也可以通过战略性投票获益。让我们看一下多数制下投票博弈的标准式，战略是投票支持第一或第二偏好。我们不考虑投票支持最后偏好的可能，因为这将是一个弱势战略。在表19-4中，收益序列按X，Y，Z排列。

表19-4 派对主题博弈中的多数制投票

		Z			
		第1		第2	
		Y		Y	
		第1	第2	第1	第2
X	第1	3, 3, 1	1, 2, 3	2, 1, 2	1, 2, 3
	第2	2, 1, 2	3, 3, 1	2, 1, 2	2, 1, 2

假定三类成员都把票投给她们的第一偏好，此时，热带岛赢得40%的选票，Z类成员得到了她们的第一选择，但X类成员和Y类成员却只得到了她们的第三选择，三类成员的收益为（第三，第三，第一）。然而，如果X类投票者转向她们的第二选择瑞士阿尔卑斯山，而其他两类依然选择她们的第一偏好，那么瑞士阿尔卑斯山就以60/40获得胜利。这是X类成员和Z类成员的第二偏好，Y类成员的第一偏好，收益为（第二，第一，第二），其他收益组合依此类推。

注意，表中的收益代表偏好的排序，数字越小越好。可以看到，表19-4有三个纳什均衡，由灰色标记。然而，选择第二偏好是Z类投票者的弱势战略，如果其他参与者不小心做出了非

最优反应，选择第一偏好要比第二偏好对Z类投票者更为有利。为了稳妥起见，Z类投票者会放弃选择第二偏好。因此，我们可以不考虑表19-4的右半部分，只考察表的左侧。左侧是一个协调博弈，我们已经知道，这类博弈很难求解。两个灰色单元格都是均衡，到底哪个会发生呢？X类投票者和Y类投票者都可能猜测错误，选择（第一，第一），甚至（第二，第二），仅得到第三偏好，此时Z类投票者就得到了第一偏好，正因为如此，放弃弱势战略才是她们的明智选择。

不过，故事并未结束。X类投票者和Y类投票者还可能结盟，召开秘密会议，并通过内部投票以过半数的选项协调双方的战略，即狂热青春。由于二者都选择狂热青春是一个纳什均衡，秘密会议又使其成为谢林点，因此联盟不需要任何强制就能执行这个结果。

需要注意的是，复选也无法避免战略性投票。在第一阶段，Z类投票者投票支持第二偏好能够保证她们得到第二偏好瑞士阿尔卑斯山，而不是第三偏好狂热青春。

19.4 投票问题和标准

派对主题博弈说明了实际选举中的各种问题和可能。一方面，多数制投票不十分令人满意，不但会让大多数人失望，结果也很难预测。在派对主题博弈中，任何结果都有可能发生，取决于战略性投票的投票者。结盟和秘密会议投票在实际选举中也很常见。另一方面，要想得到过半数的决定，需要一些更复杂的投票方案，例如复选。但复选同样可能受战略性投票的影响，我们无法知道那个结果是“正确的”。在自然投票中，当没有过半数的选项时，哪个结果能够代表过半数原则呢？

这不是一个新问题！在18世纪中期，孔多塞侯爵（Marquis de Condorcet）就这个问题提出了一个带有偏向性的答案。**孔多塞原则**（Condorcet rule）认为，选举方案应该这么设立：双向自然投票中赢得其他两个选项的选项获胜。例如，在派对主题博弈中，瑞士阿尔卑斯山以69/31战胜狂热青春，以60/40战胜热带岛。这样，瑞士阿尔卑斯山就是孔多塞选项。但并不是所有的投票博弈都有孔多塞选项。

详细解读
A Closer Look

孔多塞（1743—1794）

启蒙运动的重要人物、数学家，在积分和概率方面做出了重要贡献，开创了选举的数学研究。尽管他是法国革命的支持者，却反对雅各宾派，被雅各宾派政府关进监狱，并死于狱中，死因不详。

在20世纪中期，诺贝尔经济学奖得主阿罗提出了一套更完整的标准，并证明了没有选举方案能够实现所有标准。[2] 要想理解这一点，我们需要详细看一下这些标准，实际上，最重要的就是这些标准：

(1) 有效率。没有选项比获胜选项更受所有投票者的喜爱。

(2) 完整。投票方案能够对所有选项进行完整、一致的排序。

(3) 中性。任何两个选项的排序只取决于投票者对这两个选项的偏好（就像孔多塞原则那样）。

(4) 非独裁。没有人可以无视他人的偏好以自己的偏好决定选举的结果。[3]

---

2 实际上，阿罗的提议甚至更广泛。它适用于社会选择的所有机制，包括市场机制。

3 在19.1中，芭芭拉在派对花费的投票中获胜，是因为她是中间投票者，但是如果安娜和卡洛琳的偏好改变，结果可能不同。

阿罗的**不可能定理**（impossibility theorem）认为，没有一种投票方案能够满足所有这些标准，该定理对选举的制度设计产生了深远的影响。第三个假设，也被称做不相关选项的独立性，争议最大，它基本上排除了战略性投票。然而，正像我们所看到的，战略性投票在选举中是普遍存在的，会使选举结果变得更不可预测。

对阿罗定理的争论主要集中在阿罗标准的细小改动上。例如，一个不太完整或者不太中性的投票方案，能否带来令人满意的最终结果。[4]

详细解读
A Closer Look

肯尼斯·阿罗（Kenneth Arrow）（1921— ）

土生土长的纽约人，在纽约城市大学获得社会科学学士，但专业却是数学。在哥伦比亚大学获得数学硕士学位后，他转向经济学，论文的研究工作因战争和其他原因而推迟。1951年，他完成论文《社会选择与个体价值》（*Social Choice and Individual Values*），立即引起轰动，影响持续至今。他关于非确定条件下的竞争均衡的开创性研究，对经济学和金融市场的改革产生了深远影响。因为对一般经济均衡理论和福利理论的开创性贡献，1972年他与希克斯共同获得诺贝尔奖。阿罗现为斯坦福大学约翰·肯尼经济学教授（名誉退休教授）。

需要注意，阿罗的不可能定理本身并没有说任何选举都不能满足上述四个标准，只是认为在有些场合中，人们的偏好可能与这四个标准中的一个或多个相悖。对于特定的偏好分布，有些选举方案会满足所有这些标准。例如，在派对主题博弈中，带有战略性投票的复选就能带来满足孔多塞原则的选举结果。然而，就如我们将要在下一节看到的，结果也可能相反。实践中，我们可能会接受一个多数人的偏好满足阿罗标准的选举方案，但这是一个深奥的还未解决的数学和政治问题！

19.5 可供选择的投票方案

人们提出了很多可供选择的投票方案，其中部分如下：

(1) 多数制原则。尽管存在问题，包括英国议会选举在内的很多选举仍然采用这一原则。按照该原则，得票最多者当选。

(2) 复选。就如我们所看到的，复选可以产生过半数的选项，但涉及大量战略性因素，结果很难预测。

(3) 博尔达式的偏好投票。传统投票只提供人们对第一偏好的信息。**偏好投票**（preference voting）方案的设计目的是得到投票者的更多信息。这个方案由一位法国启蒙中的学者博尔达提出。**博尔达原则**（Borda rule）要求投票者根据偏好等级以反比例为每个选项打分。在三项选举中，第一偏好得3分，第二偏好得2分，等等。得分最多的选项获胜。在派对主题博弈中，热带岛选项得5分，狂热青春选项得6分，瑞士阿尔卑斯山选项得7分，所以，孔多塞选项——瑞士阿尔卑斯山获胜，但结果并不总是这样！

(4) 立即复选的偏好投票。每一个投票者都按照从最偏好到最不偏好的顺序对选项排序。如果产生了过半数的第一偏好，那么就采用它。如果没有，就剔除得票最少的选项，支持它的投票者转向他们的第二偏好。如果还不过半数，就一直进行下去，直到有选项过半数为止。在

4 罗伯特议事规则（Robert's Rules of Order），很多美国非官方组织的议会程序指导，规定如果没有选项过半数，投票将重复进行直到有选项过半数。大概在以后几轮依赖于战略性投票产生过半数选项。但是该规则没有定义中立方案，因为问题表述的议程顺序一定会影响结果。

派对主题博弈中，“立即复选”与两轮复选的结果相同，但并不总是这样！

(5) 赞成投票。在这种情况下，投票者并不对选项进行排序，只对每个选项表示赞成或不赞成，得到最多赞成的选项获胜。由于不知道投票者会对哪些选项投赞成票，因此，赞成投票（approval voting）带有显著的战略性。例如，如表19-5所示，在派对主题博弈中，如果Z类投票者为其第一和第二偏好投赞成票，而Y类投票者只赞成她的第一偏好，那么，无论X类投票者如何选择，瑞士阿尔卑斯山都会胜出，这是一个纳什均衡。因此，在这个博弈中，战略性的赞成投票产生了孔多塞选项，但结果并不总是这样！

表19-5 派对主题博弈的赞成投票

		类型Z			
		赞成第1偏好		赞成第1和第2偏好	
		类型Y		类型Y	
		赞成第1偏好	赞成第1和第2偏好	赞成第1偏好	赞成第1和第2偏好
类型X	赞成第1偏好	3, 3, 1	1, 2, 3	2, 1, 2	2, 1, 2
	赞成第1和第2偏好	2, 1, 2	平局*	2, 1, 2	2, 1, 2

* 平局介于狂热的青春和瑞士阿尔卑斯山之间，这是X和Y两类投票者的第一和第二偏好、Z类投票者的第三偏好。但是，X类投票者或Y类投票者都能通过单方转向“第一”偏好而确保投票结果是其第一偏好，Z类投票者可以单方转向赞成第一和第二偏好而确保投票结果是其第二偏好。因此，平局对任何人来说都不是最优反应，因此不是纳什均衡。

尽管上述投票方案各有千秋，但显然没有一个方案能在所有情况下明显优于其他方案，或比其他方案更让人满意。

不过，到目前为止，我们的分析只是针对我们的例子，现实当中也确实存在这些困难吗？下面的实例会对此做出肯定的回答。

详细解读
A Closer Look

启蒙运动

在欧洲历史上，18世纪有时被称做是启蒙时代。启蒙精神融合了民主和自治，人类、社会和进步的协调统一，通过推理和科学可以揭示的自然秩序，反权威主义以及反国家主义。启蒙运动的代表人物主要包括笛卡儿、帕斯卡、孟德斯鸠、休姆、伏尔泰、卢梭、亚当·斯密和孔多塞。

详细解读
A Closer Look

博尔达和博尔达计分法

1770年，法国数学家博尔达（De Borda, 1733—1799）提出了一种计算投票的新方法。投票者根据他的偏好顺序把候选人或选项排序。如果有N个选项，第一偏好选项得N分，第二偏好得$N-1$分，依此类推。得分最多的选项将获胜。

博尔达出生在法国的达克斯（Dax），是一位军事工程师和发明家，不但改进了导航设备、水车和抽水泵，期间还参与了美国独立战争，是公制度量系统的创始人之一。

19.6 例子：芬兰总统选举[5]

芬兰共和国位于北欧的斯堪的纳维亚半岛，紧邻俄罗斯，最北端与瑞典和挪威接壤。乌尔霍·吉科宁于1956年出任总统，在位25年。1956年时，芬兰的总统选举由300人组成的选举团管理。[6]芬兰的总统选举团不像美国的总统选举团，选举时如果没有人在第一轮投票中获得半数以上选票，就进行复选。

1956年，四个政党参与了芬兰总统选举：农民党、共产党、保守党和社会党。共产党是四个党派中最小的，没有推举候选人，但其他三党都推举了。吉科宁是农民党候选人，当时的在任总统帕西基维是保守党候选人，法格霍姆是社会党候选人。表19-6为根据事实推想出的四个政党的偏好，以及四个政党在总统选举团中的票数。我们看到，没有候选人的共产党偏向吉科宁，保守党在第二偏好上产生了分歧，少数偏向吉科宁，多数偏向法格霍姆。[7]

表19-6 芬兰总统选举中的政党和偏好

政党	吉科宁	帕西基维	法格霍姆	票数
农民党	第1	第2	第3	88
共产党	第1	第3	第2	56
保守党（多数）	第3	第1	第2	77
保守党（少数）	第2	第1	第3	7
社会党	第3	第2	第1	72

现在让我们看一下，如果每个政党在每一轮都自然投票，结果会如何。在第一轮，吉科宁得到56+88＝144票；帕西基维得到84票；法格霍姆得到72票。复选在吉科宁和帕西基维之间进行，吉科宁同样得到144票，而帕西基维将得到156票。这样，帕西基维获胜，这对共产党来说是最坏的结果。

然而，共产党并没有自然投票。相反，在第一轮，共产党56张选票中的42票投给了法格霍姆。这并不是个人偏好的问题。那时，共产党实行“民主集中制”，单个成员必须服从政党决定。无论如何，结果是把选举转向了吉科宁。在第一轮，法格霍姆得到114票，比帕西基维的84票多，排除了帕西基维。这样，复选在吉科宁和法格霍姆之间进行。复选中，共产党全体投票给吉科宁，结果吉科宁以151比149获胜。

可以看到，一个小政党能够通过战略性投票操纵复选方案。其他的标准和方案又会怎样呢？

(1) 孔多塞原则。帕西基维以156比144战胜吉科宁，以162比128战胜法格霍姆，所以帕西

5 这个例子摘自George Tsebelis, *Nested Games: Rational Choice in Comparative Politics*, (Berkeley: University of California Press, 1990), pp. 2-4。

6 现在，芬兰总统选举采用了直接投票，如果第一轮没有候选人得票过半数就进行第二轮复选。

7 在那时，俄罗斯是苏联的一部分，和大国的睦邻关系是芬兰政府的主要问题。苏联曾在15年前入侵芬兰。芬兰成功地捍卫了它的独立，尽管失去了一些领土。共产党首选吉科宁可能是认为他比曾执政的法格霍姆更能维持与苏联的友好关系。

PDG

基维是孔多赛原则的候选人。

(2) 博尔达原则。帕西基维得到628票；吉科宁得到595票；法格霍姆得到577票。

(3) 立即复选。在两轮复选中，共产党能够通过改变第一和第二偏好操纵选举。在立即复选中，他们就做不到了。为了使法格霍姆进入复选，至少13名共产党把他作为第一偏好，但这些偏好意味着在排除帕西基维后，这些选票依然记在法格霍姆头上，法格霍姆以162比138获胜，其中72票来自社会党，77票来自保守党，13票来自共产党。既然共产党稍偏好法格霍姆而不是帕西基维，他们可能这么做。注意，法格霍姆在与任何其他两个候选者的两人竞选中，都会失败。[8]

(4) 赞成投票。因为存在多个纳什均衡，所以结果难以预测。

19.7 例子：一次美国总统竞选

就如芬兰总统选举的例子所阐明的那样，在候选者多于两个、并且投票原则比较复杂的情况下，极有可能出现战略性投票。美国的总统选举同样由选举团决定，选举程序非常复杂，每四年举行一次。美国宪法的缔造者希望总统选举团与政治团体保持中立，但实际上，自1796年亚当斯当选后，政党便支配了总统选举团。除此之外，当只有两个主要候选者时，如果其中一人得到过半数的普选投票时，选举团通常会给出与普选同样的结果。[9]然而，当有三个或更多的主要候选者时，结果就变得难以预测。1992年的克林顿当选就是一个典型例子。在与在任总统乔治·布什和百万富翁罗斯·佩罗的三向竞选中，克林顿的普选投票支持率为43%，布什为37%，佩罗为20%。表19-7是根据1992年总统选举改编的例子。我们做了一些简化假设，假定只有三种类型的投票者，而且同一类型的所有投票者的偏好，尤其是第二偏好和第三偏好都相同。事实上，我们对这些政党的第二偏好和第三偏好一无所知，实际情况可能要比我们的假设复杂得多。但是，这个例子与我们所知道的1992年总统选举相一致，就如我们将要看到的，这是一次极为复杂的选举！

表19-7 1992年美国总统选举时各党的简化偏好

	排列			得票比例
	克林顿	布什	佩罗	
民主党	第1	第2	第3	43%
共和党	第3	第1	第2	37%
改革派	第2	第3	第1	20%

8 社会党本可以通过战略性投票支持帕西基维而不是法格霍姆来阻止这一选举结果。在现实中，他们确实有这种机会，但却放弃了。他们不进行战略性投票的原因似乎是对自己的成员负责，因为这些成员不能容忍这么做。也就是说，他们的选举博弈嵌套在更大的党内政治博弈中，其中战略性投票不是最优反应。显然，让一个政党投票反对自己的提名者是很困难的。

9 1876年、1888年和2002年的选举例外。在1876年，一些州把多个代表团送进总统选举团，所以，选举结果实际上是由国会决定的。在1988年，普选被极端地停止。2000年的选举将在本章后面章节讨论。

表19-7的第5列是估算的三类选民的比例，数字来自实际的普选数据，经四舍五入换算成百分比。假定改革派更欣赏克林顿而非布什（该团体的一些重要领导者已经对此作过明确的表态），共和党更欣赏不像克林顿那么崇尚自由主义的佩罗，而民主党则可能觉得佩罗不好预测，因此更青睐布什。

这次选举和芬兰总统选举一样，没有候选人得票过半数。如果每个人都自然投票，克林顿会赢得多数票，实际的确如此。一个问题是：为什么共和党没有实施战略性投票？如果他们投票给佩罗而不是布什，佩罗会当选，最终胜出的就将是他们的第二偏好，而不是第三偏好。也许，他们更看重的是自己政党的长期前途。对共和党而言，1992年的总统选举博弈嵌入在更大的博弈中，如果佩罗获胜，共和党在下次选举中获胜的机会可能会更小。

这次选举与芬兰总统选举不同，没有规定复选。实际上，普选并没有选出总统，这一问题最终是由选举团解决的。克林顿以370比168得到了选举团的过半数支持，赢得了大选的胜利。这种现象之所以能够发生，是因为在州（或国会选区）普选中获得多数票的候选人将得到该州（选区）的所有选票。这样，在每个州得到50.01%选票的候选人就能得到该州100%的选票。

如果选择其他的投票方案和标准，结果又会怎样呢?

(1) 孔多塞原则。克林顿以63比37击败布什；布什以80比20击败佩罗；佩罗以57比43击败克林顿。这个循环意味着，在这次竞选中，没有孔多塞原则的候选人。这类循环在最近的关于选举的分析中，尤其是有关阿罗不可能定理的分析中占有重要地位。之所以会出现本例的循环，是因为我们假定所有共和党人投票给佩罗而不是克林顿，实际有可能不是这样。如果在克林顿和佩罗的竞选中有25%的共和党拥护克林顿，那么克林顿就会成为孔多塞原则的候选人。我们在这里使用这个极端的假定，一方面是为了阐明循环的可能性，另一方面是希望说明有些选举中可能不存在孔多塞原则的候选人这个事实。

(2) 博尔达原则。如果自然投票，布什会以36%比34%比30%分别击败克林顿和佩罗。但是，如果50%的民主党人战略性地或是发自内心地把第二偏好转向佩罗，克林顿就将以34%比33%比33%获胜。

(3) 两阶段复选。如果自然投票，克林顿在复选中以63比37获胜。但是，如果共和党在第一轮进行战略性投票，就能把最终结果转化成他们的第二偏好，即佩罗。

(4) 立即复选。与两阶段复选结果相同。

(5) 赞成投票。纳什均衡是共和党赞成布什和佩罗，民主党和改革派只赞成他们自己的候选人，佩罗在普选中获得57%选民的支持，战胜克林顿的43%和布什的37%。

19.8 例子：美国2000年总统选举

2000年的总统之争在小布什和戈尔之间展开，经过选举团的裁决，普选得票较少的小布什最终胜出。普选得票较少的候选人胜出的现象在1876年也出现过。之所以会发生这种现象，根源在于总统选举团的构成被某一联邦机构所左右，1876年是国会；2000年是最高法院。在这两个例子中，佛罗里达的选举投票都是关键，尽管在1876年还有几个州也是关键。表19-8给出了2000年选举的投票和偏好。既然这次选举为总统选举团改革提供了新动力，用这次选举试验不同的选举标准和方案一定很有趣，我们把部分内容留在习题中。[10]

更有趣的问题是，为什么绿党没有战略性地将票投给他们的第二偏好—戈尔？一些民主党

10 TRUTH IN AUTHORSHIP DISCLOSURE：此书的价值是，作者偏好在现存的总统选举团中实行立即复选来代替普选。

人对此耿耿于怀，在他们看来，这种放弃摆在眼前的博弈机会的做法简直就是不可理喻。[11] 那么，绿党为什么没有战略性投票，民主党又为什么如此肯定绿党应当会战略性投票呢？

表19-8 2000年美国总统选举的简化偏好

	排列			得票比例
	戈尔	小布什	纳德	
民主党	第1	第2	第3	49%
共和党	第2	第1	第3	48%
绿党	第2	第3	第1	0.3%

如果我们根据嵌套博弈考虑这个问题，就能找到答案。虽然民主党在多次大选中的险胜都归功于绿党的支持，但代表激进环保主义者利益的绿党却一直不满于民主党及其候选人在环境问题上投入的力度。失望的绿党希望以撤销选票为威胁，强化民主党在环境问题上的立场。然而，他们所处的情形却如图19-3所示（D表示民主党，G表示绿党）。

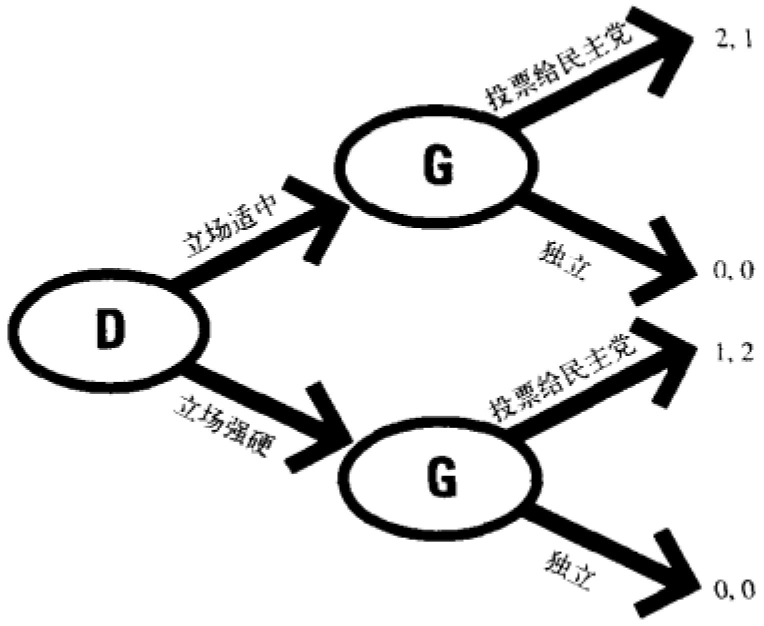


图19-3 不可信的绿党威胁

图19-3为两阶段威胁博弈的扩展式。民主党的收益在前，绿党的收益在后。博弈的第一阶段，民主党要提名候选人，其有两种选择：一是提名一个在环境问题上立场适中的候选人，二是提名一个在环境问题上立场强硬的候选人。博弈的第二阶段，绿党要决定投票给民主党候选人，还是独立候选人。如果把票投给后者，民主党和绿党就会在大选中双双失利，收益为（0，0）。如果绿党投票给民主党候选人，民主党会获胜，双方的收益都为正。[12] 然而，如果候选人

11 用哈罗德·梅尔森的话说："绿党的杀伤力再明显不过，……如何解释他们这种白痴行为呢？"摘自"Greens to Liberals: Drop Dead," *The American Prospect*, v. 13, no. 12 (July 1, 2002), pp. 2-3. The American Prospect是一本宣扬自由和激进政策的杂志。

12 只有民主党能赢得环境保护论者的支持时，威胁在竞选中才有意义。如果民主党在任何情况下失败，双方的收益都是0，他们的决定不相关。

在环境问题上的态度适中，主流的民主党人的满意度较高，因为这样的候选人至少会把其他问题和环境问题一起考虑，但特别看重环境问题的绿党选民就不太满意。因此，如果候选人是适度的环境主义者，主流民主党人的收益是2（最优），绿党的收益是1（次优）；而如果候选人是强硬的环境主义者，民主党的收益为1，绿党的收益为2。

然而，绿党的威胁并不可信，因为投票给独立候选人绝不是子博弈完美均衡。绿党成员面对的问题与第15章中的罢工博弈很相似。工人们选择加入名声强硬的工会，把是否罢工的决策权转交给不会因发起罢工而遭受损失的工会官员，通过这种做法，罢工博弈嵌入了更大的博弈中，罢工的威胁变得可信。绿党成员好像找到了相似的使威胁变得可信的办法。他们组成了绿党这一政党，并聘请了一位因强硬而声名远播的领导拉尔夫·纳德。这样，绿党就能够通过转移足够的环境主义者的选票，成功地威胁民主党，因此，我们必须假定威胁是可信的。图19-3中的博弈所嵌入的大博弈见图19-4。

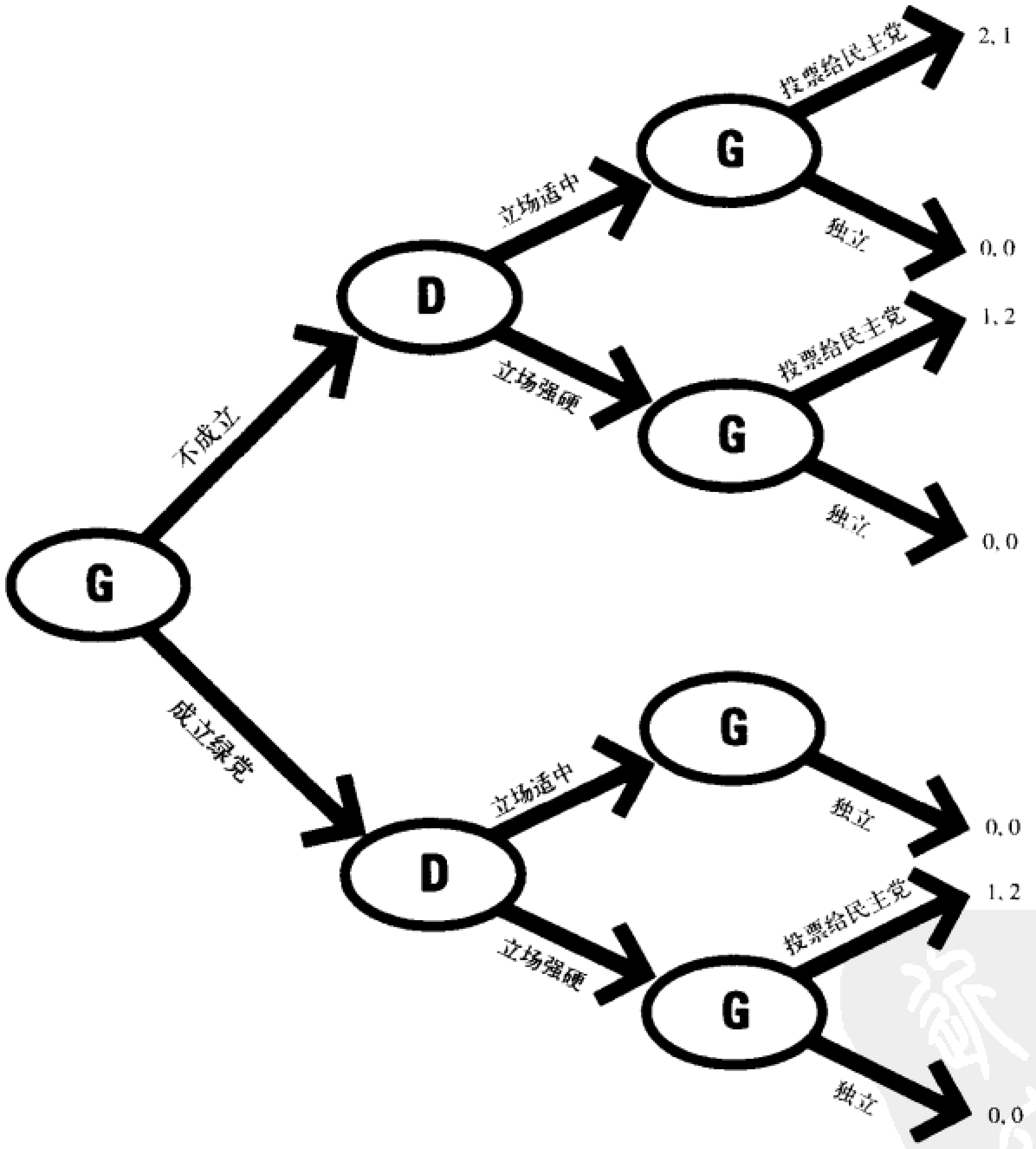


图19-4 可信的绿党威胁

这种情况在美国政治上并不新鲜。美国历史上的第三党经常以拿走少数群体的选票作为威胁，希望某一主要政党能够在立场上更贴近少数群体的利益。曾担任1968年和1972年美国独立党候选人的戈尔·华莱士说过：“民主党和共和党之间的差别还不值1角钱”，他在说明，他的候选人身份主要是为了威胁民主党。

小结

如果只有两个选项，或选项可以进行排序，且所有的投票者都具有单峰偏好，那么，选举结果是可以预测的。在这种情况下，自然投票将使中间投票者的偏好决定投票的结果，战略性投票的机会很少。如果有三个或三个以上的选项，并且选项之间无法排序，那么有可能每个选项的得票都不会过半数，此时，战略性投票就能影响投票结果。有时候，战略性投票的博弈结果会有多个纳什均衡，根据最终实现的纳什均衡的不同，任何一个选项都有可能过半数。我们可以设计不同的投票方案来找出过半数的选项，没有哪个方案绝对优于其他方案，甚至对于什么样的选举结果是“正确的”，还会存在争议。如果在双向选举中有一个候选人得票总能过半数，他就是孔多塞原则的候选人，也是我们所希望的选举胜出者。然而，有些选举可能不存在孔多塞候选人，即便有，当选举程序比严格的双向选举有所简化时，也有可能错过孔多塞原则候选人。阿罗提出的一系列更详尽的选举标准也被证明是不可能完全实现的，没有任何投票机制总能满足所有的阿罗条件。总而言之，选举程序要权衡利弊，对于什么是最好的选举程序，没有一致的答案。

练习与讨论

19.1 教务会上的僵局

（这是一个真实的故事，为保护当事人的隐私，我们更改了人物的名字）。在一次教务会中，盖德教授提出的一项复杂议案得到多数人的支持，但对其中的两段文字有争议。一些成员提议删除其中一段或另一段，还有一些成员建议把两段都删除。主席是来自文学院的马丁教授，他让大家投票决定这三个选项。投票结果是5：5：5。马丁教授接着投了制胜一票，把两段都删除。但是富有经验的马武波教授指出，投票必须过半数才能生效，而6票没有过半数。利用本章的概念分析马丁教授的问题。你建议马丁教授如何去做？

19.2 2000年美国总统大选的分析

利用本章的方法和概念以及表19-8的假设，就2000年的美国总统选举证明以下几点：

(1) 戈尔是孔多塞原则的候选人。

(2) 在博尔达原则下，不管是自然投票，还是战略性投票，戈尔都能胜出。

(3) 在两轮复选或在立即复选中，如果自然投票，戈尔在复选中将以52：48获胜。不存在战略性投票的动机。

19.3 1968年美国总统大选的分析

查找1968年美国总统选举的信息，并利用本章的方法分析这次选举。

19.4 猪肉桶政治

猪肉桶政治（pork-barrel politics）似乎是美国主流的一部分。猪肉桶政治是指议员串通把联邦资金拨给自己的选区，而无视公共利益。人们普遍认为，这种公共支出是无效率的。我们也发现，越是资历老的议员越能成功地为自己的选区争取到联邦资金，这也是议员重复当选的原因之一。谁会投票反对能为自己所在选区争得“猪肉”的议员呢？尤其是如果不选他们，“猪肉”就会落入其他选区时。美国人总是说他们愿意有任期限制，所以国会成员只服务两届，但是，美国人却持续投票给服务超过两届以上的在职者。这是矛盾还是虚伪？

不，这是一个社会两难问题。为了简化，我们把这个博弈限制到A、B、C三个选区。表19-9是这个三方博弈的标准式，收益按A、B、C排列。战略为“投票给在职者”或“投票给挑战者”。

表19-9　猪肉桶政治博弈的收益

		C			
		投票给在职者		投票给挑战者	
		B		B	
		投票给在职者	投票给挑战者	投票给在职者	投票给挑战者
A	投票给在职者	2, 2, 2	5, 1, 5	5, 5, 1	6, 3, 3
	投票给挑战者	1, 5, 5	3, 3, 6	3, 6, 3	5, 5, 5

如果这个博弈存在均衡，那么找出这些均衡。解释一下为什么美国人持续选举在职者，尽管他们偏好任期限制。

现在假设举行一次关于宪法修改提议的公民投票，修改内容是确定任期限制。如果公民投票通过了这个提议，那么就不能再投票给在职者了。现在，我们有一个两阶段博弈。第一阶段是一个投票博弈，战略是“投票赞成宪法修改提议”或“投票反对宪法修改提议”。如果最后有两个选区投票赞成宪法修改提议，那么提议就通过了，所有三个选区需要在随后的选举中投票给挑战者，因为在职者不能再参加竞选了。

根据博弈扩展式和嵌入博弈分析这次全民投票。画出博弈扩展式中被嵌套的博弈。解出这一博弈，简化博弈的扩展式并写出第一阶段即公民投票博弈的收益矩阵。公民投票博弈存在纯战略纳什均衡吗？如果存在，是什么？讨论嵌套博弈和民主政治体系中宪法限制的关系。为什么你认为美国人从来没有机会针对有关任期的宪法修改进行投票？

第20章 博弈与实验

预备知识

- 为了更好地理解本章内容，你需要掌握第1~9，14，16~17章的知识。
- 本章主要概念：实验博弈、有限理性、互惠、最后通牒博弈、蜈蚣博弈。

博弈论和实验法的出发点都是同质性假定（assumption of uniformity）。实验法假定，自然界是同质的，因此在实验室中观察到的规律也适用于其他的时间和地点。自20世纪以来，实验法越来越广泛地应用于对人类行为的研究。此时，上述同质性假定就转变成对人类行为的一种假定，即实验室里观察到的人类行为与实验室之外是相同的。与无生命的自然界相比，这一同质性假定显然不再那么令人信服了，因为人的行为受环境的影响，实验室环境下的人的行为，可能会与现实中人的行为有很大的不同。尽管如此，实验法仍然为人类行为科学提供了很多有价值的结论。

在博弈论中，人类的行为同样被假定是同质的，因此，我们从人类博弈行为分析中得到的结论也适用于其他类型的互动行为。这一点是与实验法中的同质性假定密切相关的，事实上，我们可以把尼姆游戏这样的博弈模型看做是对特定人类行为的一项实验。可是，环境会影响人类行为，对于博弈论中的同质性假定，我们也得小心一点。尽管如此，博弈与实验的这种对应关系仍然很重要，是博弈论研究的一个基础。

既然博弈模型相当于一个实验，博弈论在产生伊始便运用实验法也就不足为奇了。实际上，**实验博弈论**（experimental game theory）早在1950年便诞生了。

20.1 囚徒困境的实验

改进的囚徒困境实验可以说是博弈论中的第一个实验。在博弈论发展的初期，囚徒困境实验吸引了大部分研究者。1950年1月，兰德公司的梅里尔·弗勒德（Merrill Flood）和梅尔文·德雷希尔（Melvin Dresher）组织了第一次实验。表20-1是“弗勒德–德雷希尔”实验博弈的一个版本（当时用于实验的表格与该表并不一样，由于实验的部分意图是检验实验对象能否顺利地找到均衡战略，因此原表设计得要更为含糊和复杂一些）。实验对象是加州大学洛杉矶分校

的经济学教授阿曼·阿尔钦（Armen Alchian）和兰德公司数学部的主任约翰·威廉姆斯(John Williams)。如表20-1所示，该博弈不同于前面章节所讨论的情况，是非对称的，在四个战略组合中，威廉姆斯有3个战略优于阿尔钦，包括两人均合作和两人均背叛的情况。这加大了实验的复杂程度。

表20-1 改进的囚徒困境

		威廉姆斯	
		合作	背叛
阿尔钦	合作	1/2, 1	−1, 2
	背叛	1, −1	0, 1/2

在“弗勒德-德雷希尔”实验中，阿尔钦和威廉姆斯连续进行了100次博弈。实验不仅记录了每一次双方选择的战略，还记录了他们的评价，——这种“发牢骚”式的实验调查书近十年来被认知科学家所广泛运用，能够帮助实验人员了解实验对象的思考过程。[1]显而易见，一开始双方的预期不一样，某种程度上甚至可以说是大相径庭。阿尔钦估计威廉姆斯会背叛，而威廉姆斯开始时却本着合作的态度采用触发战略（trigger strategy）力图促成合作。然而，阿尔钦最初并未理解威廉姆斯的善意，而认为其采用的是混合战略（气愤的威廉姆斯直骂阿尔钦是笨蛋）。

渐渐地，阿尔钦终于领悟到威廉姆斯的用意了，但是，由于这一博弈是非对称的，作为受害者的阿尔钦已经损失了很多，因此他认为威廉姆斯接下来应当会允许他不时地采用背叛战略，以使双方的收益趋于公平。在最后一个回合，也就是第100个回合，阿尔钦考虑到再也没有下一次博弈来报复对方，因而最后一个回合不可能会出现双方都合作的局势，故率先采用了背叛战略以处于优势地位。实际上，双方在第83至98回合均采用了合作战略，而在第100回合中，双方均选择了背叛战略。

威廉姆斯·庞石（Williams Poundstone）写道：“阿尔钦说威廉姆斯不愿意与人合作；不太清楚他说这句话的意思是什么”[2]。下面就让我们推测一下阿尔钦的想法。他好像仍然认为威廉姆斯使用的是混合战略，在他脑子中存在着这样的“关联性的”混合战略：如果有一个能执行的合约，双方就会达成某个共同的混合战略（joint mixed strategy），在由（合作，合作）和（背叛，合作）构成的战略组中，选择前者的概率为p，选择后者的概率为（$1-p$）[3]。对阿尔钦来说，采用（背叛，合作）战略能够使他获得的收益达到最大，但却要牺牲双方的总体收益。一个回合博弈的总收益是$1.5p$，而阿尔钦的收益却是（$1-0.5p$），因而随着p值的降低，他的收益将会增加。威廉姆斯的收益是（$2p-1$）。当$p = 4/5$时，双方的期望收益相等[4]。阿尔钦估计，威廉姆斯将降低p值使之接近4/5来赢取自己的合作，尽管不会一直这样。对于威廉姆斯而言，这种关联性的战略更易于决策，因为他只需选择合作战略；但这样一来，p值的控制权就落到阿尔钦手中。所以，威廉姆斯会在前几轮博弈中观察对手，并估计p值的大小；然后再决定是否采取报复手段。可惜的是，阿尔钦以为威廉姆斯一直在使用报复手段，并把其归咎于威廉姆斯的自私，不愿意与人分享合作成果。

1 These are reported in William Poundstone, *Prisoner's Dilemma* (New York: Doubleday, 1992), pp. 108-116.

2 Poundstone, p. 107.

3 列在前面的是阿尔钦的战略。

4 这一结合的混合战略并不是均衡解，因为概率不是最优反应。在该战略下，博弈双方的总收益没有达到最大，这似乎表明，这一战略不是有效的，不能作为博弈的合作解。然而事实并非如此。由于不存在可转移效用，因此博弈双方不能进行旁支付。如果不使他人的状况变差，将没有任何一方能够使自己的状况变好。在这一意义上，该混合策略是有效率的，像阿尔钦这样的经济学家所理解的效率正是如此。所以结合的混合策略可以是该博弈的合作解。

尽管存在这么多的误解，双方还是在100次博弈中合作了60次。双方均背叛的情况，即纳什均衡，仅出现了14次。弗勒德和德雷希尔将他们的实验结果拿给约翰·纳什看，纳什指出，该实验并非一次性博弈的囚徒困境，因为重复博弈使双方的分析方式发生了很大的变化。纳什说的当然没有错；但是，我们知道，类似于这类博弈（有确定的终点）的子博弈完美纳什均衡应当是在每次博弈中都背叛。然而，两个参与者都没有这么做。阿尔钦一开始曾认为博弈会按这种方式发展下去，但他后来改变了最初的想法，学会了另一种完全不同的方式（同样是非均衡的）。为了获得合作带来的好处，威廉姆斯则有意地采用了非均衡的战略。

20.2 囚徒困境的结论

后来的很多针对囚徒困境的实验都印证了“弗勒德-德雷希尔”实验的结论。一般说来，实验对象不总是选择占优战略，而是经常地选择合作的战略组合。对于这一现象有两种不同的解释，至于哪种解释更合理则存在着很大争议：

- 现实中的人们不像博弈论假设的那样理性，他们不能完全领会博弈的设置，因此无法达到占优战略均衡。
- 人们要比博弈论假定的更擅长于解决社会两难问题，这可能是因为他们并不总是按照利己的原则来决定自己的行为。

争论者们往往认为，以上两种观点只有一种是正确的。然而，正如“弗勒德-德雷希尔”实验所揭示的那样，两种解释可能都有其正确或错误的一面。从大量的囚徒困境实验中，我们可以总结出如下结论：

(1) 真正的人类理性应该是**有限理性**（bounded rationality）。人们不会自动地选择数学上的理性最优解，而会用一些复杂、难免有错误的方式去思考博弈。在博弈中，人们倾向于凭直觉，或“拇指规则”（rules of thumb），如在很多场合都出现、但却可能是犯错的“针锋相对”（Tit-for-Tat）。人们经常能顺利地找到一些简单博弈的解，尤其是当他们能通过试错法学习的时候。然而，他们很少能找到更为复杂的解，比如在囚徒困境中被重复100次的子博弈完美均衡。在很多博弈中，经验和学习会使得博弈结果逐渐趋于均衡；但也并不总是这样，至少在囚徒困境中，学习所起的作用是反向的，因为人们会慢慢学会去选择合作，而不是均衡解所要求的背叛（就像阿尔钦在“弗勒德-德雷希尔”实验中所做的那样）。

(2) 不同的人会以不同的动机、不同的方式来解决社会两难问题。一些研究显示，博弈参与者至少可分为3种类型：

- 自利型（self-interested type）。这种类型的人追求个人收益最大化，与博弈论的假定一样。
- 利他型（altruistic type）。这种类型的人在做事时注重整个集体的利益。这么说还不够全面，因为导致利他主义的原因并不止一种。一种可能是，利他型的人追求总收益的最大化。如果参与者是这种类型的利他主义者，“弗勒德-德雷希尔”博弈的收益矩阵将变成表20-2。
- 超竞争型（hypercompetitive type）。这种类型的人追求的是使自己的收益与对手收益的差额最大化。超竞争型参与者的存在并不会改变囚徒困境，但却能极大地改变其他类型的博弈。让我们回头看一下第4章的“推与不推”博弈。

表20-2 改进的囚徒困境的总收益

		威廉姆斯	
		合作	背叛
阿尔钦	合作	$1\frac{1}{2}$	1
	背叛	0	1/2

这是一个协调博弈，对两个参与者来说，一个均衡要优于另一个均衡。这样看来，自利型的人应当能够找到合作性的（推，推）战略组合作为谢林点，除非糟糕的博弈经历促使他们改变预期。表20-3列出了两个超竞争型的参与者如何应对“推与不推”博弈。这是一个零和博弈，存在一个占优战略均衡（不推，不推）。对一个超竞争型的参与者而言，所有的博弈都是零和博弈。这又回到了上文给出的两种说法：这种超竞争行为是由参与者的性格决定的，还是由于对博弈的曲解而导致的？

表20-3 超竞争型参与者“推与不推”博弈的收益矩阵

		卡尔	
		推	不推
吉姆	推	0, 0	−10, 10
	不推	10, −10	0, 0

“弗拉德–德雷希尔”实验中的参与者具有相同的性别，另外一些实验则给出了一个“弗拉德–德雷希尔”实验不曾给出的结论，即囚徒困境的博弈结果存在性别差异。保守地说，女性总体上要比男性更愿意合作。

近期，一些神经学家运用大脑成像技术进行实验[5]，结果表明，在囚徒困境实验中，女性实验对象选择合作战略时的大脑活动，恰好印证了合作是一种情感奖励的假说。这里所记录的大脑活动来自现实中的人们之间的博弈，而并非人与电脑之间的博弈。

20.3 一个混合博弈实验

继“弗勒德–德雷希尔”实验之后，实验博弈论已经历了半个多世纪的发展。为了说明这一发展历程，让我们看一个非常具有代表性的例子——20世纪80年代末在衣阿华大学进行的一项实验[6]。这次的实验对象是一群学习工商管理的学生，他们被随机组合，通过计算机网络进行隐身的匿名博弈。这一设计确保了实验是一次性博弈，而不是更复杂的重复性博弈。调整后的收益矩阵剔除掉了风险厌恶等类似的因素，以使数值上的收益接近博弈者主观上的收益[7]。实验者写道：“有充足的证据表明，理论研究所预言的占优战略……和纳什均衡是存在的。”[8]

很多时候，他们进行的博弈实验既有社会两难的因素，又有协调博弈的成分。表20-4给出了一个例子。本博弈中，左上角4个方格确立了一个类似于“推与不推”博弈的协调博弈，因为两个均衡（1, 1）和（2, 2）对于两位参与者而言都是后者优于前者。(2, 2）组合很可能是谢林点，因而实际中的均衡也最可能是这一状态。然而，(2, 2）并不是合作解，战略组合

表20-4 三战略博弈实验

		Q		
		1	2	3
P	1	350, 350	350, 250	1000, 0
	2	250, 350	550, 550	0, 0
	3	0, 1000	0, 0	600, 600

5 见 Natalie Angier, “Why We’re So Nice: We’re Wired to Cooperate,” *The New York Times*, Section F,(July 23, 2002), pp. 1-8.

6 见Russell W. Cooper, Douglas V. DeJong, Robert Forsythe, and Thomas W. Ross, “Selection Criteria in Coordination Games: Some Experimental Results,” *American Economic Reviewv*. 80, no.1 (March 1990), pp. 218-233.

7 实际的收益由博弈的回报和概率随机决定，因此风险厌恶应当不会对战略选择产生实质性的影响。具体的论证过程比较复杂，在此不作介绍。

8 见Cooper 等，p.223.

(3, 3) 能使双方的收益更大。此外，战略3是劣战略，就像社会两难中的合作战略一样。

在这些实验中，纳什均衡经常出现。一小部分人会选择战略3。但是，最为常见的纳什均衡却是战略组合（1, 1），而不是更优的均衡点（2, 2）。实验者认为，（1, 1）之所以成为均衡点是因为实验对象对于对方选择战略3的可能性持正概率判断。如果Q选择合作战略3，而P选择战略1，那么P获得的收益为1000。或者，P可能会这样推理，由于Q会认为P将选择战略1，因此Q会选择战略1，而当Q选择战略1时，P的最佳战略也是选择战略1。为了检验这一假说，实验者又将表20-4所示的博弈稍作改动，形成表20-5。在表20-5中，战略组合（2, 2）是合作解，所以合作解与更优的纳什均衡并不冲突。因此，在该博弈中，战略组合（2, 2）几乎总是被选中。

表20-5 三战略博弈实验另例

		Q		
		1	2	3
P	1	350, 350	350, 250	1000, 0
	2	250, 350	550, 550	0, 0
	3	0, 1000	0, 0	500, 500

根据上述观察，实验者们得出结论，即使是在合作解是劣战略的情况下，合作解仍然能影响参与者对纳什均衡的选择。本实验是博弈论中非常出色的实验，回答了“弗勒德-德雷希尔”实验未曾涉及的许多问题。关于纳什均衡与合作解可以在实验中实现这一点，该实验与其他实验得出的结论是一致的；尤其是当博弈的意图明确，设计简单，并且纳什均衡与合作解不冲突时。按照谢林点理论，参与者在合作解与纳什均衡不冲突时能找到一个谢林点，而当冲突存在时，谢林点在实际中是不存在的。

不过，本章以下部分将本着负面结果比正面结果更具有学习价值的原则，集中探讨一些对博弈论和非合作均衡概念提出挑战的实验结论。

20.4 最后通牒博弈

在**最后通牒博弈**（Ultimatum Game）中，理论均衡与实验结论的对比更为明显。假定要在两个人之间分配50美元，提议者提出分配方案，而应答者仅可选择同意或不同意，中间没有谈判和重复[9]。如果应答者同意提议者的分配方案，两人就将按这一方案各自分到一定数额的钱。如果应答者不同意，那么两人就会一分钱也得不到。

为简化博弈，假设提议者仅有51个整数战略：0, 1, …, 50，每个战略都代表其建议分给应答者的钱数。图20-1所示的扩展式博弈只列出了其中的两个战略：“出让1美元”和“出让r美元”。r为未知数，代表除“出让1美元”之外的任何一种战略。可以看出，如果提议者提出分给应答者1美元，应答者的最优反应应该是接受，因为得到1美元总比什么都没有要好。如果r大于1，当提议者提出愿意出让r美元时，应答者的最优反应同样是接受。如果r等于0，对应答者而言，拒绝将没有任何损失。如果拒绝的概率大于2%，那么提议者为了使自己的收益最大化就会刚好出让1美元，也就是出让的最低整数金额。这正是本博弈的子博弈完美均衡。

然而，实验的结果却截然不同。一方面，应答者通常会拒绝低于30%的分配方案。这显然是对自我利益的牺牲，因为正如上文指出的，1美元或者5美元总比什么都得不到要好。另一方面，提议者提出的分配方案通常也总是高于应答者理论上所能接受的最低份额。这大体还是符合自利原则的。当考虑到过低的出让比例将有可能被拒绝时，提议者会选择较高的出让比例以

9 有些实验也研究了重复性的最后通牒博弈。本文在此只关注一次性博弈，因为其存在明确的非合作均衡。

PDG

使自己的期望收益最大——从较高的出让比例中获得的收益，恰好可以抵消出让比例降低带来的被拒绝风险的上升。然而，有证据显示，提议者分给应答者的比例往往高于能使自己期望收益最大化的比例，五五分成的情况很普遍。

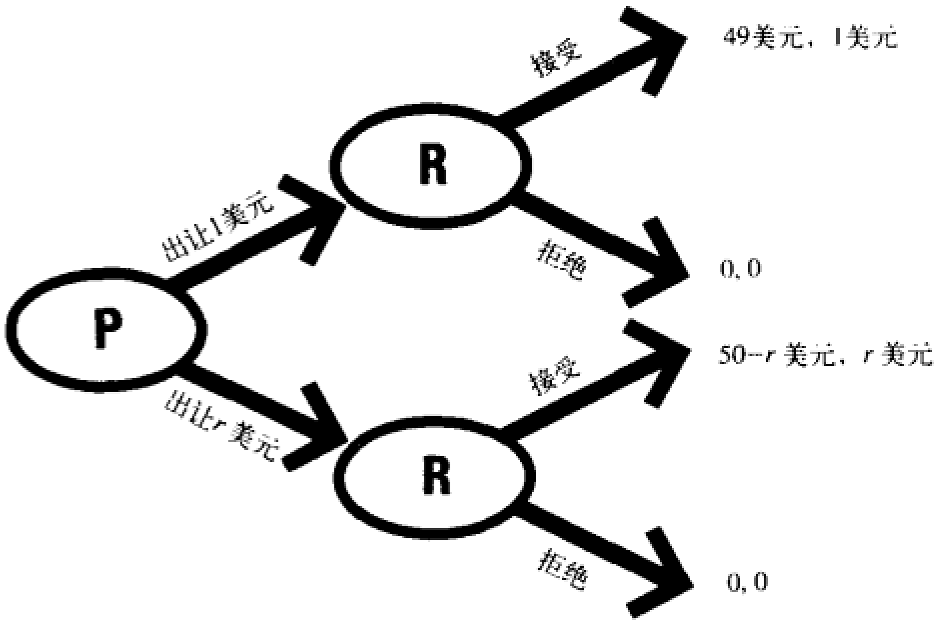


图20-1 最后通牒博弈

最后通牒博弈也在一些非西方国家实验过。结论是，与西方国家中存在的博弈的性别差异相似，不同文化也有不同的结果。但从性质上讲，结论与前几段描述的情况出入不大。

那么，如何解释这些现象呢？简单的利他主义显然缺乏说服力。利他主义者的目标是使集体的总收益最大化，因此他们会接受任何的分配比例，甚至是0。如果我们把利他主义理解为对公平的偏好，那就与实验结果相吻合了，有证据表明，对公平的认知会影响许多博弈的结果。而如果博弈者是超竞争型的，他应当会拒绝一切低于一半的分配方案，这与实验结果也是不相符的。看起来，我们要继续深入。

最近迅速发展起来的一个研究分支集中探讨了**互惠**（reciprocity）假说。互惠假说认为，当人们感觉到别人的善举（或欺负）时，会因回报（或报复）而偏离自利原则。比如说，在最后通牒博弈中，应答者很可能认为，对方只分给自己5美元，而将90%的份额据为己有是一种不合理的提议，作为报复，他会牺牲自己的5美元，以使提议者一分钱也得不到，这种情况称为负性互惠(negative reciprocity)，牺牲自我利益去奖励对方的善意行为则称为正性互惠(positive reciprocity)。在互惠假说看来，人们的实际行为往往会背离自利原则，而转向正性或负性的互惠。总体上看，最后通牒博弈的结果与互惠假说是相一致的。

能够验证互惠假说的另一个例子便是蜈蚣博弈的实验。

20.5 蜈蚣博弈

在第14章中，我们用**蜈蚣博弈**（Centipede Game）解释子博弈完美均衡。图20-2给出了最简单的蜈蚣博弈。博弈开始时，坛子中有5块钱。参与者A可以抓取其中的4块钱，将剩下的1块钱给B，或将坛子直接传给B。当坛子在B手中时，B也可以抓，或者是传。坛子每被传一次，里面的钱就会增多一点。这样，B就可以选择抓取6块钱，留2块钱给A，坛子中总共有8块钱。但是如果B选择传，那么坛子中

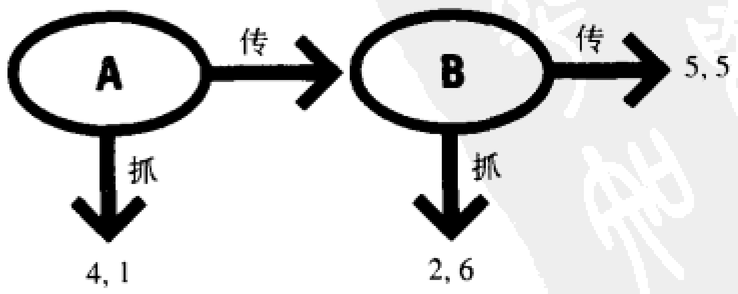


图20-2 简单的蜈蚣博弈

的钱会增加到10块，两人将平分，各得5块钱。

由前文关于蜈蚣博弈的结论可知，子博弈完美均衡应该是在第一回合就抓，这在推理上是正确的，即使博弈持续100个回合乃至更多。但是，实验研究却表明，经常出现的情况是坛子一直被传，直到平均分配的终点，在第一回合就抓的情况很少见。在多于两个回合的博弈中，倒是有一些时候在博弈的后几个回合参与者会选择抓。

一些研究用互惠假说解释这一现象，主要是正性互惠。参与者B知道，A本可以不传坛子，从而分得较大份额的钱，因此，如果A将坛子传给B，B会将之视为一个善意的举动，出于正性互惠的心理，他会再将坛子传给A，这样一来，A的收益将从4增加到5，而B的收益则将从6减少至5。如果A也存在互惠的激励，他就可能会意识到B的自我牺牲，然后报答B的善行。如果双方都是为互惠所驱动，那么我们可发现，坛子将被一次次地传下去，直到博弈终点。即使A是自利型的博弈者，只要他相信B有着互惠的打算，他仍将选择传递坛子，因为B会回报他的这一举动。（但是，在多阶段的蜈蚣博弈中，自利型的博弈者可能会在后面的阶段选择抓。）

小练习：现在，大家来考虑一下，假设A和B参与一个4阶段的蜈蚣博弈，决策的顺序是A、B、A，最后是B。假定A是自利型的，并且A相信B是一个互惠型的人。那么，A的最优战略是什么呢？[10]

如果说最后通牒博弈对负性互惠，即有代价的报复，作了很好的阐释，那么，蜈蚣博弈则很好地演示了正性互惠。但是，正性互惠和负性互惠能相互强化。考虑图20-3所示的允许报复的蜈蚣博弈。当一个参与者选择了“抓”时，另一个参与者可以选择“左边”实施报复，也可以选择“右边”不进行报复。报复使得两人的境遇变差，报复者甚至放弃了原本可以获得的少量好处，这与最后通牒博弈中一个说“不”的应答者放弃对方分给他的一小部分钱的情况非常相似。在这两种博弈中，报复者都放弃了他们的小部分收益来惩罚对手。

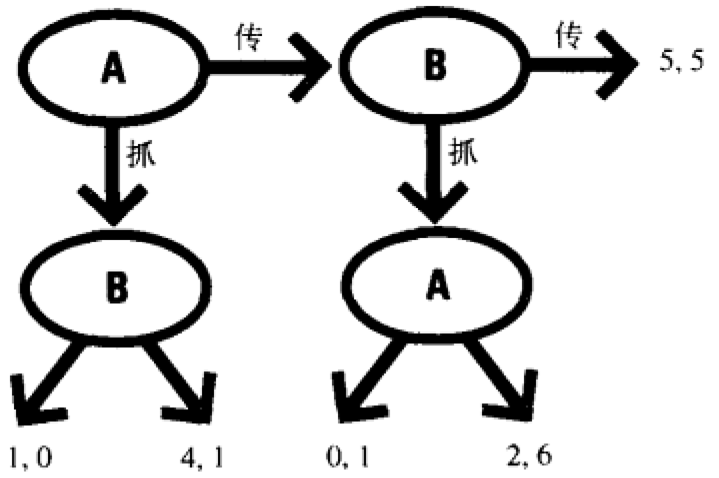


图20-3 允许报复的蜈蚣博弈

然而，报复会改变蜈蚣博弈的结果吗？由于报复向来不是蜈蚣博弈的最优反应，所以选择报复与子博弈完美均衡无关，在第一阶段选择（抓，不报复）是子博弈完美均衡解，因此，图20-2和图20-3所示的两个博弈结果应当不会有差异。但是，在实际的实验中，“传”的战略在图20-3的博弈中出现的次数要多于图20-2的博弈。显然，“鱼死网破”的负性互惠强化了“你敬我一尺，我敬你一丈”的正性互惠，促使参与者去传，而不去抓。

20.6 有待解决的问题：参照系偏差

实验博弈论吸收了其他领域的研究方法，尤其是心理学和实验经济学，并在某些方面促进了这些领域的研究。实验研究的一个分支（主要是心理学）集中研究了一个现象，称之为参照系偏差。这些研究显示，人们的决策有时候取决于问题的设置，比如说，你更愿意买95%无脂肪的产品，还是更愿意买5%含脂肪的产品呢？

参照系偏差（framing）问题在丹尼尔·卡恩曼(Daniel Kahneman)和阿芒斯·特沃斯基

10 答案在本章的最后一页。

(Amos Tversky)的一个经典实验中得到很好的诠释。该实验不是博弈论实验，而是研究与博弈论密切相关的一个领域——风险感知问题。实验的基础是一个疾病威胁的假设：一种未知的热带流行病，如果没有任何防御措施，将致使600人死亡。现在有两个救治方案，但是两者不能同时实施，只能从中选一个。测试者的任务就是完成这一选择工作。

一组测试者被告知以下情况：

• 采用A方案，200人将得救；

• 采用B方案，600人全部得救的可能性是1/3，无人得救的可能性是2/3。

另一组测试者被告知以下情况：

• 采用A方案，400人将丧生；

• 采用B方案，无人死亡的概率是1/3，600人都死的概率为2/3。

事实上，两种描述的内容实质是一样的。但是，第一种描述强调的是，在A方案下，200人必然能存活，而第二种描述强调的是在同样方案下400人必然死亡。不管如何选择，结果都一样，那就是，200：400的生死比例，只是全活或全死的风险略有差别。

尽管两种描述的结果都是一样的，两组测试者的回答却截然不同。接受第一种描述的测试者选择A/B方案的比例为72/28；接受第二种描述的测试者选择A/B方案的比例为22/78。显然，决策的制定在很大程度上取决于问题的设置。

博弈论实验者只是最近才开始研究博弈论中的参照系偏差问题。这一延误很可能是由于博弈论的理性行为假定。在传统的博弈论模型中，我们假定决策者是理性的，所以惟一的参照系问题就是对手是否也是理性的。但是，当互惠心里能影响决策时，参照系偏差问题就变得十分重要了，因为对互惠的感知可能取决于问题的设置。自利、利他主义和有限理性同样会引发决策中的参照系偏差问题。

希望进一步的实验工作能够加深我们对博弈中参照系偏差问题的理解。

20.7 已经取得的进展

总之，非合作博弈论是有关人类战略行为的一种理论。上述实验研究涉及到了其中部分模型的一些深入问题，从中我们可以清楚地发现：

• 实际的人类理性是有限理性，而不是理性假定认为的绝对理性；

• 实际中的博弈行为往往趋近于合作，而不是非合作；

• 实际中的博弈行为受非自利动机的影响，如互惠意愿；

• 实际中的博弈行为很可能受参照系偏差的影响；

• 实际中的博弈行为是非常复杂的，人们出于实用的目的，有相当部分的行为可能是随机的。

但是，

• 实验和观测表明，很多非合作博弈模型确实真实地反映了人类的行为，其中包括协调博弈、存在两个以上参与者的博弈，以及人们有充足的机会去学习并修正行为的博弈；

• 合作和非合作博弈均衡结合起来可以解释生活中的很多人类行为；

• 博弈论只在部分程度上是关于人类行为的理论，它同时还是一门规范性学科（normative discipline），揭示的是人们在理性状态下（某种意义上）应当采取的行为；

• 当实验主义者宣称观察到的人类行为是非理性的时，他们就已经在借用规范性的理性定义了。他们的意思是说，观察到的行为偏离了规范性的理性要求。反过来，理性行为加

上可预见的行为偏差能够成功地解释观察到的人类行为，这对于许多实际问题很有用，尽管在涉及更深层次的问题时可能有些差强人意[11]。

- 尽管这么下定论有些为时过早，但可以说，修正后的包括互惠假说的非合作理性理论，能够用来解释人类战略行为中的大部分（即使不是全部）可预见因素，并加深我们对其的理解。

总结起来，对于部分经典博弈表现出的理论与实验结果不一致的问题，有两种解释：一是把这种差异理解成是对理性假定及博弈论适用性的否定；二是把它看做是理性假定向更真实、更具普遍性的人类战略行为理论的延伸和扩展。第二种解释似乎更为可取（至少本书作者这样认为），因为可以让我们继续保留和应用那些理论、实验与观测相一致的博弈理论和成果。

20.8 商业应用——雇用关系中的互惠原则

主流经济学家总是信奉理性的经济人假说，因此，在经济学领域，使用互惠假说的研究寥寥无几。然而，还是有一位经济学家在研究雇用关系时指出，互惠的赠与乃是成功的劳资关系的核心[12]。他的想法恰巧跟商业管理中一个最为著名的实验研究不谋而合。

乔治·阿克洛夫（George Akerlof）观察到：在劳动力市场上，雇主往往愿意支付高于市场价的工资，这就给雇员失去工作造成了额外的损失。毕竟，对于那些工资水平跟市场水平持平的雇员而言，失去工作与否是无差异的，因为他们明天就能找到同样报酬的工作。[13] 由于失去工作将遭受额外的损失，雇员会更加努力的工作。据此，阿克洛夫认为，高工资将提高员工的生产效率，继而改善企业整体的效率和利润。当雇主支付了高于市场水平的工资、通过提高生产效率获得最大化的利润时，这种高工资被称为**效率工资**（efficiency wage）。

但是这种生产效率的提高是如何发生的呢？阿克洛夫认为，雇员工作时通常比他们所被要求的要更加卖力。监督不可能一直都存在，一个详尽的案例观察表明，员工之所以这么努力是为了避免被发现偷懒。阿克洛夫的理解是，雇员是在以正性互惠的方式报答他们感受到的雇主的慷慨。

人类学研究力图诠释不同文化中的人类行为现象，很多人类学研究表明，人们之间的互惠往往是以互赠礼物的形式进行的。这启发了阿克洛夫，他提出，效率工资与互赠礼物非常相似，员工将高薪视为一种“礼物”，并以加倍努力工作作为“礼物”回赠雇主。这也同样跟博弈论

---

11 天文学的发展史中也存在类似的情况。在哥白尼提出太阳是太阳系的中心、所有行星都围绕太阳转的“日心说”之前，天文学家们一直信奉毕达哥拉斯提出的不正确的“地心说”。两种理论都假定行星运转的轨道是圆形的，这显然不能很好地吻合行星的实际运动轨迹。于是，毕达哥拉斯调整了他的理论，加入了一些小的轨道，称之为本轮。在理性的基础上增加对非理性因素所作的调整，以此来解释人类行为的做法被指责为如同“增加了本轮”。这样说的意思是，就像毕达哥拉斯不管怎样修补他的理论都是错误的一样，因为该理论从根本上是错误的。然而，批评者们要记住，纳入本轮的毕达哥拉斯的地心说比哥白尼的日心说更符合实际观察到的行星运动，于是，毕达哥拉斯的地心说一直被广泛使用，直到开普勒提出带有本轮的日心说。在人类行为领域，如果有人能够提出一个真正全新的开普勒理论，那将是一个重大的进步。我相信，互惠假说取得的进展有望带领我们接近人类真实博弈行为的开普勒理论。

12 见G. A.Akerlof, " Labor Contracts as a Partial Gift Exchange," *Quarterly Journal of Economics* v .98, no.4 (November 1982), pp.543-570.

13 在大多数发达国家，在很少的几个人才市场中这的确是事实：计日工市场和职业介绍所市场中的应聘者，每天都可能为不同的雇主工作。这在不发达国家更为平常。在这里，临时雇用的增长究竟意味着什么并不很明确。

实验中牺牲自我利益来回报别人的善举（或报复别人的欺负）相似。

管理科学史上最为著名的实验之一——霍桑实验也发现了工厂中存在的类似于互惠的现象。从1923~1932年，在美国芝加哥西部电气公司所属的霍桑工厂的继电器装配车间，实验人员进行了一系列实验，以测试诸如灯光强度等工作环境因素对工人生产效率的影响。[14] 结果发现，工作环境的改变能提高生产效率。甚至在有些情况下，逆向、不连续的工作环境变化也能增进工作效率。对此，一种普遍的解释是，被测试的员工将实验视为一种特别的优待，努力工作是他们做出的回报。这显然跟互惠假说相符合。

上述两项研究得出的结论并不新鲜，但却一直被忽视。改善雇主与雇员在利益上的对立关系能够给企业带来更多的利润。员工如果心存不满，他的产出就会减少，因此，聪明的雇主会采用多种方式（包括金钱，但不全是）让他们的员工满意。

小结

博弈论和实验的相似之处在于，两者都建立在同质性的假定之上，博弈论成为一个很好的实验领域。因此，从最早期的兰德公司的工作开始，实验被广泛地应用于博弈论的研究。在某些程度上，就囚徒困境所做的早期实验预见了后续实验的结果。首先，测试的内容仍然存在模棱两可性。例如，反复博弈的实验不能用来检验一次性博弈的一些假定。但是，当采取适当措施移除模糊性后，结论明显大大超出了非合作均衡理论的限制。其次，一些博弈的均衡结果得到了实验的确认，但在另一些博弈中，实验结果却对绝对理性和自利原则提出了质疑。在一个博弈实验中，当非合作解与合作解发生冲突时，观测到的行为往往表现出强烈的合作倾向，或是受到合作解的影响。因此，有必要考虑到那些非自利的和有限理性的参与者，同时，还需要认识到，许多战略行为是经过互惠假说修正的自利经济人的有限理性的反应。

练习与讨论

20.1 前向归纳法

设计一个实验，来检验第15章中关于博弈均衡受外部选择和前向归纳影响的假定。实验设计应该允许实验对象能够有机会从经验中学习，但不要卷入重复博弈的因素。

20.2 道路冲突博弈

回顾第14章的道路冲突博弈。鲍勃的战略是挑衅或者不挑衅，埃尔的战略是当鲍勃挑衅时，选择“报复”和“不报复”战略。收益矩阵见表20-6。

在子博弈完美均衡中，鲍勃挑衅而埃尔不报复。但是，司机并不是老去挑衅，而是当挑衅行为发生时，报复行为时常出现。请运用本章的概念解释这些事实。如果鲍勃和埃尔是利他主义者，那么他们将如何进行博弈？如果他们是超竞争型的呢？如果是互惠型呢？华盛顿州警方提高

表20-6 道路冲突博弈

		鲍勃	
		挑衅	不挑衅
埃尔	如果鲍勃挑衅则报复；否则，不行动	－50，－100	5，4
	如果鲍勃挑衅则不报复；否则，不行动	4，5	5，4

14 H. Mcllvaine Parsons, “Hawthorne: An Early OBM Experiment,” *Journal of Organizational Behavior Management*, v. 2, no. 1, (1992), pp. 27-44.

了对挑衅行车的处罚，来打击道路冲突现象。请问，从本章的观点来看，这样做有效果吗？

20.3 偿还博弈

参与者1获得一笔资金，他可以将这笔资金全部占有，也可以全部转赠，还可以部分转赠给参与者2。如果部分金额被转赠给参与者2，那么实验者将加倍把该数量的金额给参与者2。参与者2同样可以把得到的钱回赠给参与者1——部分或者全部。同样，赠送的金额将会被实验者加倍，这样参与者1将获得1.5倍的回报。如果参与者1刚开始有10美元，他将10美元全部赠给参与者2，参与者2获得20美元，参与者2再将全部金额回赠给参与者1，那么参与者1将获得30美元。

请问，本局的子博弈完美均衡解什么？一个利他主义者（使得总收益最大）会如何应对？超竞争型参与者呢？如参与者存在互惠激励呢？依据本章的内容，推测博弈的结果。

20.4 环境博弈

格林教授对森林土地和地下水资源等环境资源的保护十分热衷。这些资源可以留给下一代人使用，也可以被当代人用光，如伐光树木或者是污染地下水。如果这样做了，资源对于后代的作用将大大减少或者消失。格林教授为了测试这一环境实验，设立了一个N个人参加的博弈，N等于或者大于2，N个人将按顺序参加博弈。第一个参与者拿到一个“资源”（比如说一张纸），他可以将资源传给下一个人，也可以将之还给实验者。如果“资源”被传给下一个人了，下一个人面临同样的选择。当“资源”回到实验者手中时，博弈结束。每个参与者将“资源”传给下一个人，得1分；还给实验者得2分，（但如果他是最后一个人，那么他将“资源”传给下一个人就只能得1分）。

画出本博弈的扩展式，并且假设只有3个人参加该博弈。假设参与者都是理性和自利的，结果会怎么样呢？为什么？如果参与者的人数增加，结果会改变吗？

20.5 努力困境

回想一下，努力困境（effort dilemma）是一种真实存在的困境，参与者可以选择合作战略，并付出很大的努力，也可以采取不合作战略，逃避责任。不确定反复博弈理论指出，如果存在下一个博弈的概率足够大，那么合作博弈就会产生。设计一个实验，测试当无限重复博弈存在的概率逐渐增大时，努力困境博弈结果的变化情况。

（本章注释10所指的答案：如图20-2所示，四轮都传的合作战略将战胜A在第一轮就抓的战略。如果A相信B存在互惠的动机，他就会选择传。如果B接着传，A会再次选择传，因为他预计B将以传的方式报答他的好意，这会使他获得较多的合作收益。由此可见，当理性、自利的一方知道另一方是非理性和非自利的时，他也会以非理性的方式行动。）

第21章 拍卖

预备知识

- 为了更好地理解本章内容，你需要掌握第1~4、7、8、14、15和20章的知识。
- 本章主要概念：拍卖类型、私人价值、拍卖框架。

塞尔维亚·娜萨（Sylvia Nasar）在关于纳什的传记《美丽心灵》（Simon & Schuster，1998，p.375）中写道："博弈论最神奇的应用就在于无线电通信、短期国库券、石油勘探开采租约、木材和污染权等领域，这些物品通常以拍卖的形式出售，而这些拍卖是由博弈论学者设计的……"20世纪，博弈论学者在拍卖的设计和运作方面确实起到了关键的作用。本章主要介绍博弈论在拍卖中的应用。

21.1 照相机拍卖

增价**英国式拍卖**（English auction）是我们非常熟悉的**拍卖类型**（auction type），竞买者相继出价，且出价是逐步提高的。通常拍卖人会在每次出价之间根据一定数量提高价格，直到没有人愿意支付更高的价格为止。假设帕特和昆西在英国式拍卖中竞买一架照相机，他们买照相机给自己用，并不是想把它转手卖掉。昆西的出价为100元，竞价涨幅为5元，因此昆西下一次的出价就是105元。从博弈论的观点来看，帕特应该如何出价？他的最优反应是什么？

为了回答上述问题，我们需要了解帕特和昆西的收益。帕特的收益不仅取决于他是否能得到照相机，还取决于他以什么价格得到它。价格越高，收益越少。如果由于一些错误，我花10万元给自己买了一架照相机，我就会觉得自己受损失了。[1]因此，必须有一个价格上限，即买者愿意支付的最高价格，超过这个价格，买者就会觉得吃亏了。在经济学有关拍卖的术语中，这一价格上限被称做竞买者的估价。[2] 如果一个人以估价购买了某一拍卖品，那么这个人的收

1 但是如果有人愿意支付15万元买这架照相机（也许认为它是一件古董），那情况就不一样了。本章后面会对这种特殊情况做出解释。这也就是为什么我们假设帕特和昆西购买照相机是要给自己用，而不是将它转手卖掉。

2 保留价的概念在经济学中的应用非常广泛，它是指买者愿意支付的最高价格或卖者所能接受的最低价格。在一些拍卖中，卖者可以设定保留价，也就是他所能接受的最低价格。这也许是这个概念的最初用意。在关于拍卖的讨论中，估价这个概念的广泛应用避免了两个相关但不同的概念之间的混淆。

益既没有变好，也没有变差。但如果他以高于估价的价格得到该物品，那他的收益就变差了，如果以低于估价的价格得到该物品，那他的收益就变好了。

假设帕特的估价是114，他不知道昆西的估价，但猜可能是102或108。帕特有三种战略可供选择：出价105，110或弃拍。他是不是应该出价110以使昆西出局呢？尽管两人并不知道对方的估价，但他们都知道彼此的出价，因此这里不存在信息集。该拍卖博弈的扩展式如图21-1。图中，前面是帕特的收益，后面是昆西的收益。

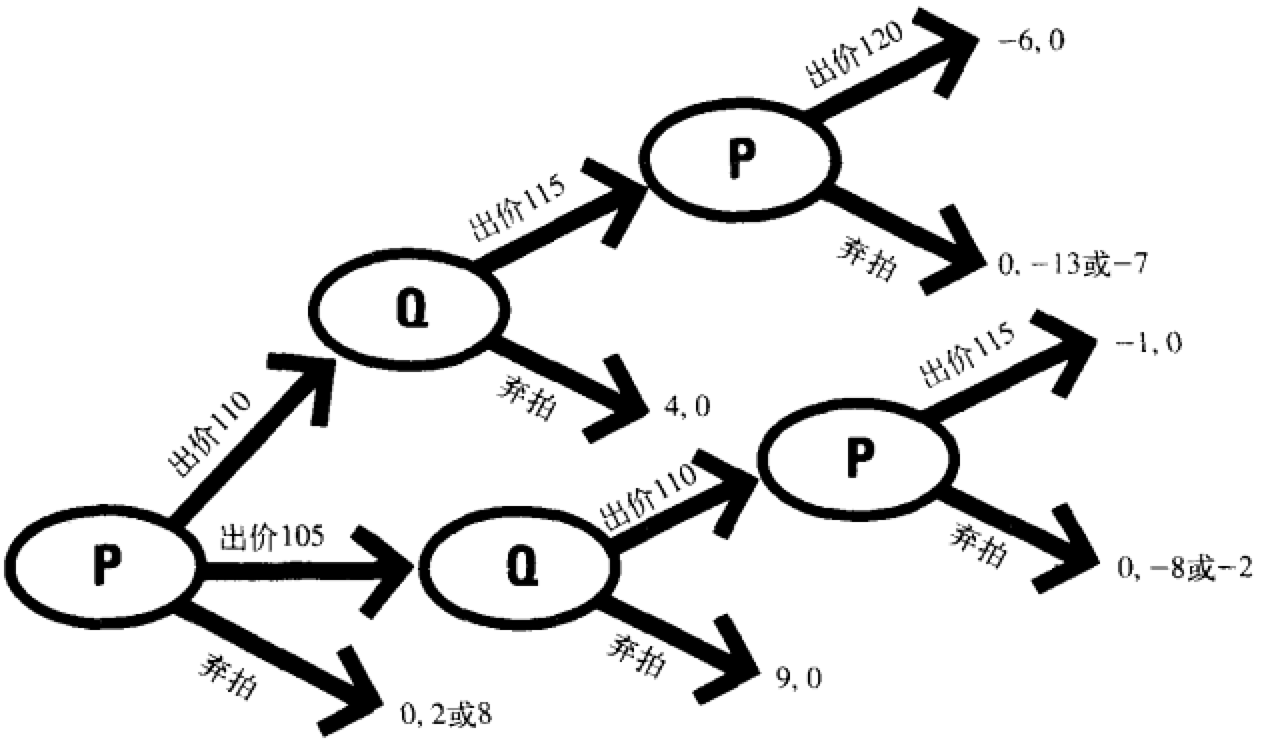


图21-1 照相机拍卖

小练习：该博弈中有多少个适当子博弈？哪些是基本子博弈？该博弈的子博弈完美均衡是什么？[3]

通过后向归纳法可以发现，该博弈有两个基本适当子博弈，即帕特的再次出价（rebids），见图21-2和图21-3。在这两个子博弈中，帕特弃拍，则收益为0，但这比出价而收益为负要好。因此，在每个子博弈中，均衡收益组合都是下面的那一组。简化的照相机拍卖博弈见图21-4。

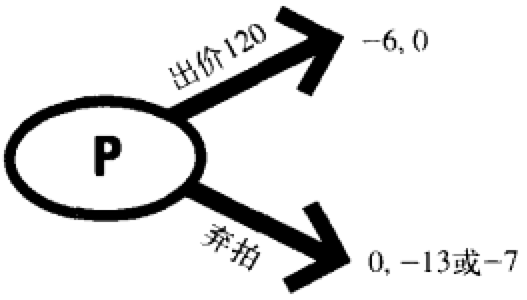


图21-2 一个基本适当子博弈

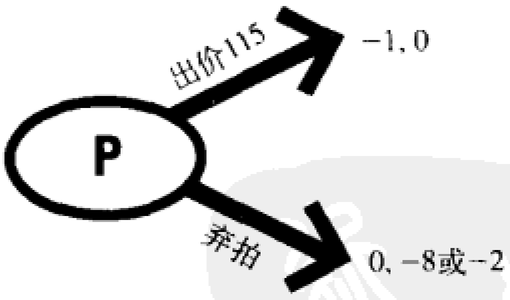


图21-3 另一个基本适当子博弈

这个简化的博弈依次有两个基本适当子博弈，见图21-5和图21-6。这些是昆西的战略，昆西的最优反应是弃拍，而收益为0，但这比出价而收益为负要好。在每个子博弈中，均衡收益组合是下面的那一组。进一步简化的拍卖博弈见图21-7。显然，帕特的最优反应是出价105元。

3 答案在本章的最后一页上。

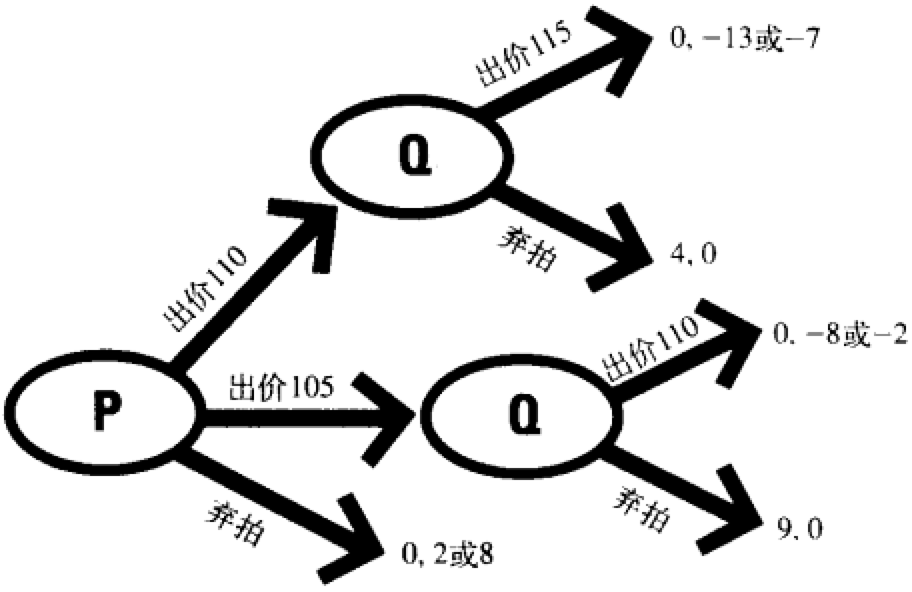


图21-4 简化的照相机拍卖博弈

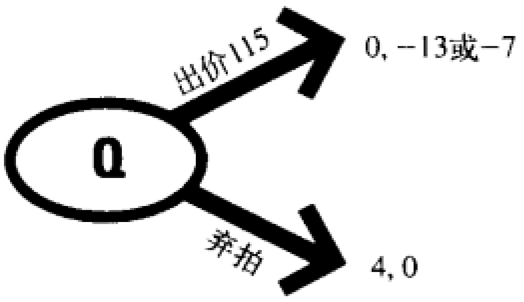


图21-5 简化博弈的一个基本适当子博弈

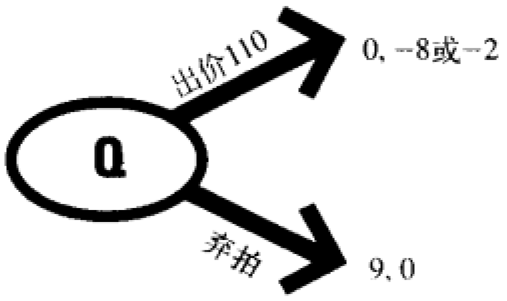


图21-6 简化博弈的另一个基本适当子博弈

因此，该博弈的子博弈完美均衡是帕特出价105元而昆西弃拍。事实上，昆西的估价是多少并不重要。如果我们允许昆西的估价超过110元，那么，本例会变得更加复杂。但不管怎样，结论是只要照相机的价格没有超过帕特的估价，帕特就会提高出价。[4] 这表明：在英国式拍卖中，只要出价小于你的估价，按照最小竞价涨幅提高出价就总能得到子博弈完美均衡。注意：帕特并不需要太多信息去考虑如何出价。他所需要考虑的只是他的估价和竞价涨幅。这是英国式拍卖最大的优点。

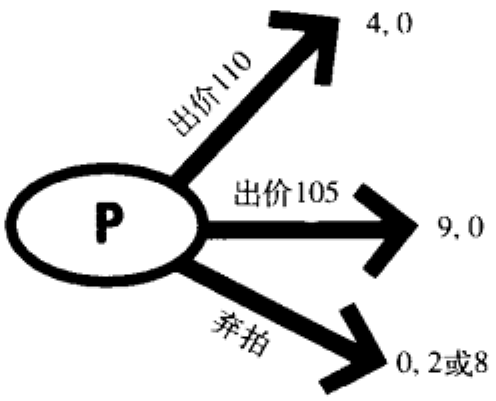


图21-7 进一步简化的拍卖博弈

21.2 效率

如果两个竞买者理性地出价（即，他们的出价是子博弈完美均衡），那么，估价高的人总能得到拍卖品。这是有效率的。

回想一下，效率是指，如果不使其他人的收益变差就没法使某些人的收益变好，或者说没有办法改进某些人的收益但又不使其他人的收益变差。只有人们收益变好的可能性都得到实现，才可以说是有效率的。假设萨拉也有一架旧照相机，鲁思的估价是100元，萨拉的估价是70元。将这架照相机以高于70元低于100元的价格卖给鲁思，就能使两个人的收益都变好，或说没有人收益变差。如果估价低的人得到该物品，这个拍卖就是无效率的。以两种估价之间的价格卖

4 如果昆西的估价是115元或更高，帕特就不会得到照相机。既然不存在这样一个价格使帕特可以以估价或低于估价得到照相机，那么他没得到照相机的收益会更好。在这种情况下，以高于昆西估价的价格得到照相机会使帕特的收益变差。

给估价高的人可以消除这种无效率。

我们可以将拍卖类型的选择或设计当作是一种社会机制设计，效率通常是社会机制设计的一个标准，因此是否有效率对于拍卖来讲非常重要。英国式拍卖是有效率的。

详细解读
A Closer Look

英国式拍卖是有效率的，但由于拍卖规则要求每次出价都要以最小竞价涨幅高于前一次出价，这一规则是缺乏效率的。照相机拍卖的最小竞价涨幅是5元。假设昆西的估价是102元，帕特的估价是104元。如果昆西第一次出价100元，那么帕特的出价就不可能超过昆西，因为帕特下一步的出价必须达到105元，因而他的损失为1元。尽管帕特的估价比昆西高2元，但昆西会得到照相机，这就是缺乏效率的。但是这种低效率是有限度的。昆西的估价可以小于帕特，但两者之间的差额不会多于5元，即最小竞价涨幅。有经验的拍卖人会在拍卖过程中逐步降低最小竞价涨幅，这样低效率问题会有所缓解。但在实践中，通常只有一个最小竞价涨幅。在实践中英国式拍卖只能是近似有效率的。

在博弈论分析中，这些细节常常被忽略掉，也许在现实中我们所希望的就是近似有效率吧。

现在，再来看一种不同类型的拍卖，这种拍卖也非常重要。

21.3 易趣拍卖

易趣拍卖网产生于20世纪90年代的电子商务繁荣时期。它的出现可以说是该时期最成功、最具创新性的一项事业。如果你访问易趣拍卖网（http://www.ebay.com），浏览旧书等物品的拍卖网页，就会在网页的底端看到一个方框，见图21-8，你可以参与任何一项拍卖。[5] 该网站对易趣拍卖运作过程的说明如下：

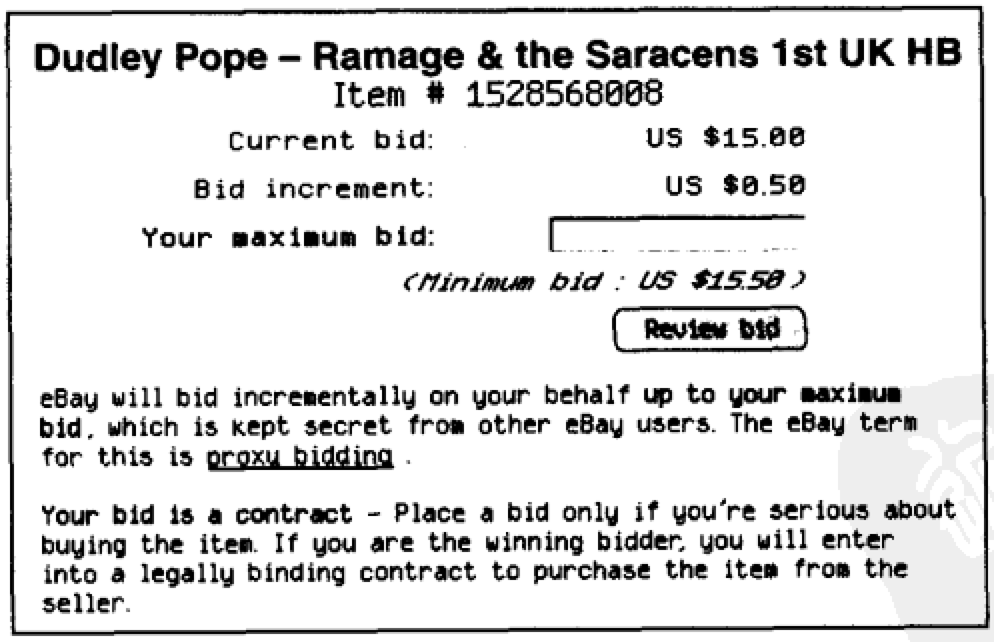


图21-8 易趣的拍卖窗口

如果你在易趣上发现了一件喜欢的物品，你愿意支付25元，但目前的出价是2.25元，那么，你需要坐在计算机前，耐心地一次次出价，直到达到25元。

幸运的是，参加易趣网的拍卖不用总这么麻烦，还有一种更方便的方法，具体操作过程

5 我自己就参与了一本书的拍卖，并且最后我得到了这本书。

如下：

(1) 确定你的最高出价，在易趣拍卖窗口的指定位置输入这个数值。

(2) 易趣根据你愿意支付的这个最高价格私下替你出价，你就不用一直关注拍卖的进行了。

(3) 如果其他竞买者的出价高于你所愿意支付的最高价格，你将无法得到这一物品。如果其他竞买者的最高出价低于你所愿意支付的最高价格，该物品就归你了。你最后实际支付的价格要比你愿意出的最高价钱低！

切记：易趣仅按你愿意支付的最高价格作为保持你最高出价者地位的依据。因此赢得投标并不容易。

易趣描述的这种拍卖类型叫做**第二价格拍卖**（second-price auction）。[6] 每个竞买者给出一个价格，出价最高的人将得到这一物品；但其所支付的价格是第二最高出价。这样，竞买者就可以按照自己对拍卖品的估价进行出价，只要其他竞买者的估价比他的估价低，他就仍可以获得一定的收益。

第二价格拍卖经常以**密封拍卖**（sealed-bid auction）的方式进行，因为竞买者不必出席竞标，所以这种拍卖形式很方便。易趣拍卖是一种具有最低初始出价和竞价涨幅的第二价格拍卖。前面的出价胜过后面不按最小竞价涨幅提高价格的出价。因此，易趣拍卖不同于密封拍卖，它允许竞买者随着拍卖的进行逐步提高价格进行再次出价。然而，就像易趣的说明指出得那样，你也可以给出你所愿意支付的最高价格，如果其他竞买者愿意支付的最高价格低于你的最高价格，你将以第二最高出价获得拍卖品。

下面是鲁思和萨拉竞买一件物品的投标博弈。鲁思的估价是100元，萨拉的估价是70元。拍卖底价是50元。双方并不知道彼此的估价，即对鲁思来说，萨拉的估价是未知数x。鲁思认为$x<100$的概率为p，而$x\geqslant 100$的概率为$(1-p)$。对萨拉来说，鲁思的估价也是未知的，设为y，$y<70$的概率为q，而$y\geqslant 70$的概率为$(1-q)$。

鲁思首先出价，她有三种战略可供选择：出价50元；出价100元；或等到第三阶段再出价。接下来，萨拉出价70元或弃拍。鲁思可以再次出价，但需要花一点力气，假定再次出价的成本为3元。（既然再次出价是自动的，努力成本就应该很小，但究竟有多小并不重要，只要它是正的。）

收益见图21-9。此处收益以期望值的形式表示。萨拉的出价被表示成未知数x，不同战略的收益由选择该战略的概率来确定。节点1和4～6是鲁思的战略选择，而2和3是萨拉的战略选择。易趣并不显示鲁思愿意支付的最高价格，因此，萨拉不知道鲁思的战略。这就是为什么节点2是一个信息集。节点4和6是基本子博弈，可以进行简化。

在节点4，鲁思出价100元，见图21-10。她将以70元（即萨拉愿意支付的最高价格）得到该物品，收益为$27p$，其中，再次出价的净努力成本是3元。

在节点5，鲁思仍出价100元。在节点6，鲁思并不在乎出价50元还是100元，但是会出价，并且在出价50元时得到的收益为$47p$，再次出价的净努力成本仍为3元。根据图21-11和图21-12的信息，可以将节点3简化为图21-13所示。

---

6 易趣拍卖仅仅是类似与第二价格拍卖，原因有两点：一是既然存在一个最小竞价涨幅，那么估价最高的人就不一定能够得到该物品。这将会导致低效率，同时这也就不是一个真正的第二价格拍卖。二是在英国式拍卖中，有的人可能推迟出价，以希望稍后所出的价格使得其他人无法进行出价。这种最后一分钟“剪断”的出价（“sniping” with last-minute bids）发生在易趣上，但它并不是第二价格拍卖的特征。然而，易趣给我们的建议依据的是第二价格拍卖的优点。

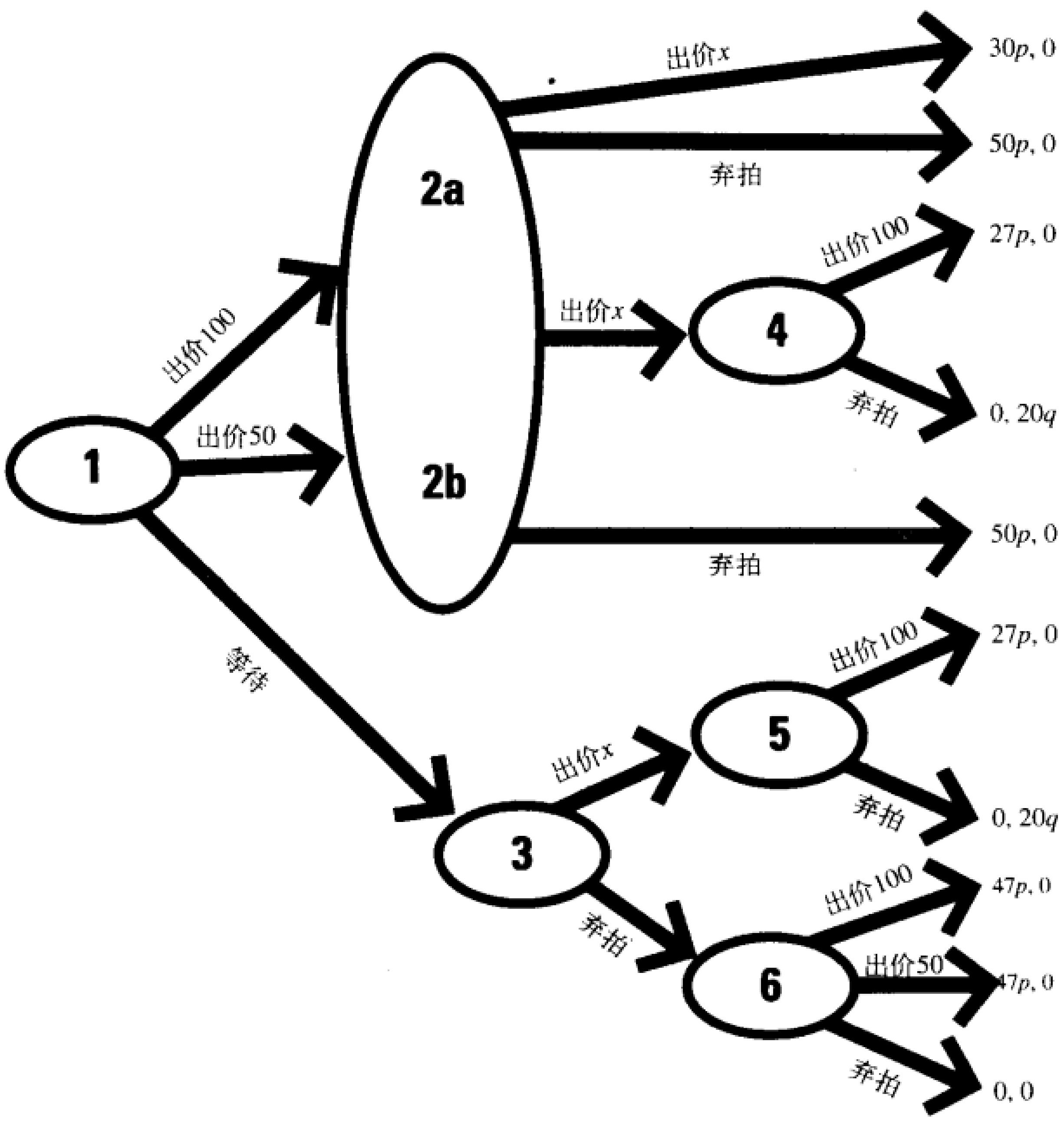


图21-9 扩展式易趣博弈

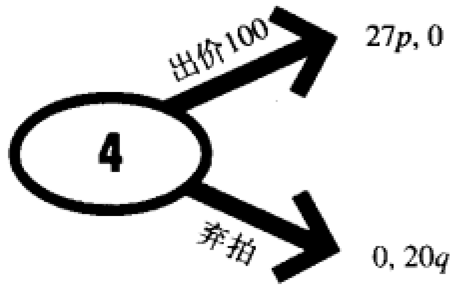


图21-10 节点4

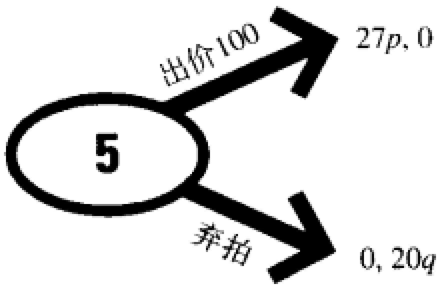


图21-11 节点5

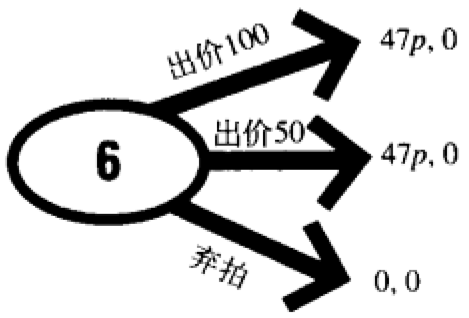


图21-12 节点6

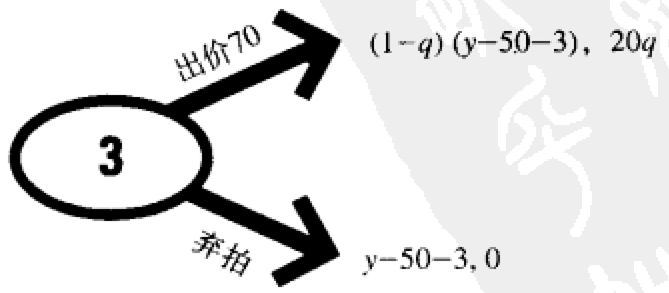


图21-13 节点3

鲁思在节点3的估价为y。出价的收益取决于$y \geqslant 70$的概率，是一种期望收益，这就意味着在节点5鲁思会出价并且胜出。只要q是正的，萨拉的最优反应就是出价。节点6可以被剔除，鲁思等待的收益至多是$27p$。

这样，我们就可以得到一个扩展式博弈，如图21-14。这仍是一个相当复杂的博弈。一方面，萨拉并不知道鲁思出价的上限（如果鲁思出价），因此节点2有一个信息集。另一方面，萨拉也有一些信息，即她知道鲁思在第一阶段是不是出价。简化的博弈的标准式如表21-1所示。

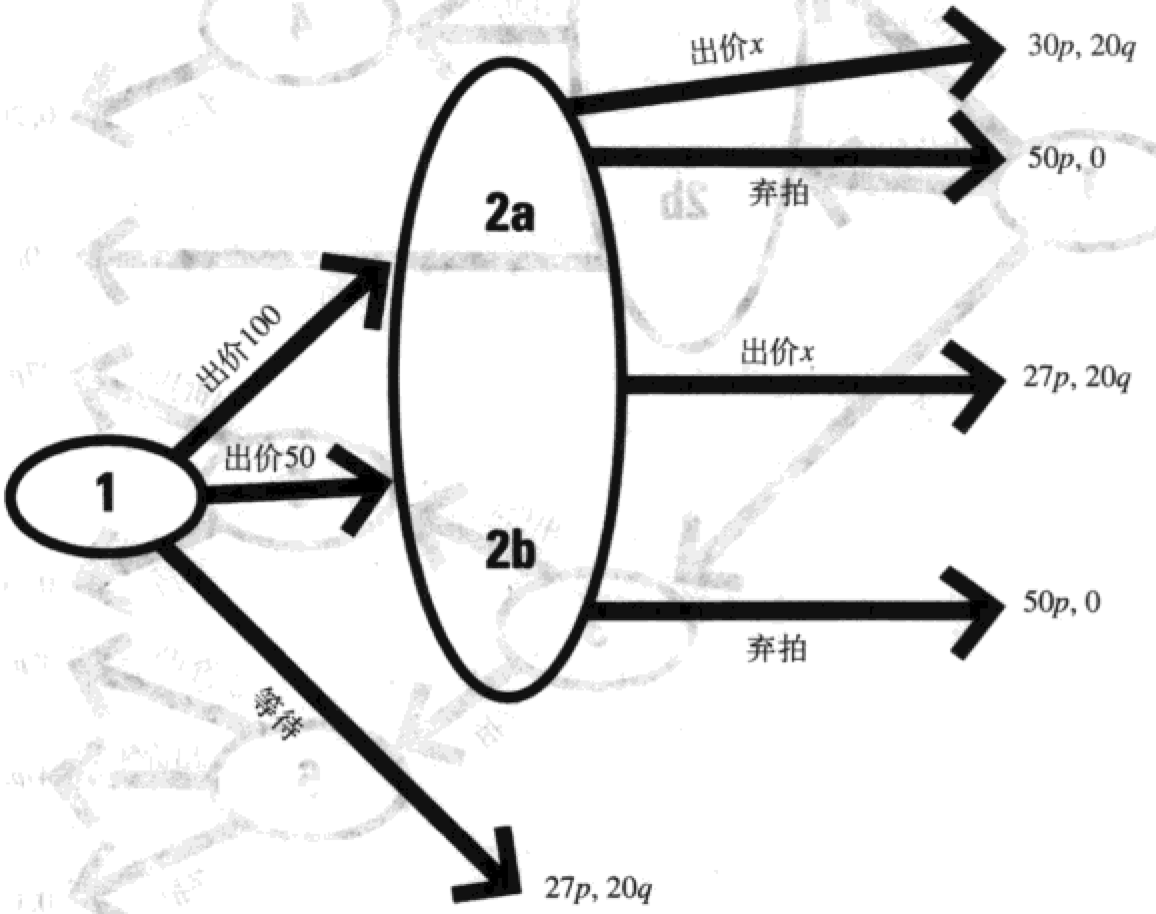


图21-14 简化的易趣博弈

表21-1 简化的易趣博弈的收益矩阵

		萨拉			
		如果鲁思出价，则出价70元；如果鲁思等待，也出价70元	如果鲁思出价，则弃拍；如果鲁思等待，则出价70元	如果鲁思出价，则出价70元；如果鲁思等待，则弃拍	如果鲁思出价，则弃拍；如果鲁思等待，也弃拍
鲁思	出价100元	$30p, 20q$	$50p, 0$	$30p, 20q$	50, 0
	出价50元	$27p, 20q$	$50p, 0$	$27p, 20q$	50, 0
	等待	$27p, 20q$	$27p, 20q$	47, 0	47, 0

在剔除劣战略之后，我们可以发现，纳什均衡在表21-1的左上方：即鲁思出价100元，萨拉出价70元。首先，剔除鲁思等待而萨拉弃拍的战略，此时，萨拉的收益为0而不是$20q$，所以萨拉不会选择该战略，此时均衡没有出现。鲁思等待而萨拉出价70元的战略中，鲁思的收益是$27p$，而如果鲁思出价则至少可以得到$30p$，多于$27p$，因此鲁思不会等待。现在看四个非阴影方格，萨拉在第一轮不会弃拍，鲁思知道萨拉会出价，因此会出价100元，以得到$30p$的收益，

而不是出价50元得到27p的收益。

这是易趣博弈中的子博弈完美均衡：每个竞买者尽可能以他们的估价进行出价。同样，在第二价格拍卖中，尽可能地以估价进行出价也是理性的。这也正是易趣建议其顾客所做的。

与英国式拍卖类似之处在于，易趣拍卖不需要竞买者了解太多的信息。但竞买者需要明确自己的估价和竞价涨幅。但与英国式拍卖不同的是，易趣拍卖不需要竞买者观察拍卖的进行。这也就是易趣拍卖成功的原因。

21.4 拍卖的种类和框架

拍卖历史悠久，类型繁多。英国式拍卖是一种最普通的增价拍卖。还有很多拍卖是降价拍卖，比如**荷兰式拍卖**（Dutch auction），拍卖人以高价起拍，然后价格逐步降低，直到有人接受该价格并以该价格获得拍卖品。17世纪30年代，荷兰人热衷于投机炒作郁金香球茎，掀起了著名的“郁金香泡沫”（tulip bubble）。虽然泡沫最终破灭了，但当时用来销售郁金香的这种拍卖形式却流传了下来。

另一种拍卖类型是密封拍卖，即只有拍卖人知道出价。

密封拍卖具有如下特征：

- 单轮第一价格（Single round first price）：出价最高的人获得拍卖品，并按其出价进行支付。
- 单轮第二价格（Single round second price）[7]：出价最高的人获得拍卖品，但其所支付的是第二最高出价。这就允许竞买者按照他们的估价进行出价，如果其他竞买者的估价低于最高估价，买受人（最后购买拍卖商品的人）就能获得一定的收益。易趣拍卖将增价拍卖的一些特征融入第二价格密封拍卖，第二价格拍卖的特征使得易趣拍卖的竞买者能够在拥有少量信息的前提下进行投标。
- 多轮(Multiple round)：密封拍卖也可以进行多轮。

详细解读
A Closer Look

威廉·维克瑞（William S. Vickrey, 1914—1996）

1914年出生于加拿大英属哥伦比亚省的维多利亚市，早年在耶鲁大学学习数学，在哥伦比亚大学获得硕士学位。1946年开始在哥伦比亚大学任教，1947年拿到博士学位，此后再也没有离开过那里。第二次世界大战期间，他是个坚决的反战主义者。从有关累进税制的经典著作到20世纪60年代有关拍卖、公共事业和公共服务的有效率的定价方面的著作，他的思想既富有理论创新性又具有实用性。他于1996年获诺贝尔经济学奖，并于获奖三天后辞世，享年82岁。

通过上面的分析可以看出，每一种交易都有很多拍卖形式可供选择。简化的方法就是找出哪些拍卖类型是等价的。威廉·萨缪尔森（William Samuelson）写道：“证明（第一价格）密封拍卖和荷兰式拍卖是战略等价的很容易；……与其等待价格的降临，不如每个买者都把自己的出价写出来。”[8]相同的战略和均衡可以出现在不同类型的拍卖中。即使拍卖不是“战略等价”的，如果拍卖形式可以给买者带来相同的收益（期望收益），则是收益等价的。英国式拍卖和

7 诺贝尔奖金获得者、经济学家威廉·维克瑞（William Vickrey, 1914—1996）发现了第二价格拍卖的特定优势，因此有时第二价格拍卖也被称为威克瑞拍卖。

8 William Samuelson, “Auctions in Theory and Practice,” in K. Chatterjee and W. Samuelson, *Game Theory and Business Applications* (Boston：Kluwer,2001).

荷兰式拍卖的均衡是不同的，因此二者不是战略等价的，但在某些情况下，它们是收益等价的。

上述所有分析都依赖于有关竞买者和拍卖环境的假定。我们假定，拍卖战略和结果不仅取决于拍卖类型，还取决于拍卖环境，即拍卖的收益和拍卖者掌握的信息。另一个假定就是竞买者是对称的，没有“强”和“弱”之分。但事实并不总是这样，结果也就有可能不同了。

到目前为止，我们所举的例子都是单一物品的拍卖，并且买者购买物品的目的是自己用，而并不是转卖。在这些里例子中，我们假设每个竞买者的估价是给定的，至于他想出多少钱买照相机或图书仅仅取决于他的偏好。设想，如果拍卖品是用于石油开采的土地，没有人知道这片土地是否蕴含着石油。如果有石油，每个开采商都能够发现并获得均等的利润。但是没有人知道石油开采能带来多少利润。在这种情况下，每个厂商的估价并不取决自己所知道的个人偏好，而是取决于大家都不知道的客观环境。我们已经假设照相机和易趣拍卖均是**私人价值**（independent private values）拍卖。下面再来看两个例子。

21.5 胜利者的灾祸

拍卖类型关系重大。下面是**共同价值**（common value）拍卖的例子。

三个石油开采商以密封拍卖的形式竞争一片未开垦土地的石油勘探权。我们称他们为红方、褐方和黑方。他们都是风险中立的，因此，他们会权衡可能的收益和损失，以期望值的大小来判断不同机会的价值。每一家都依据这片土地没有石油以及是一个新的富矿带的概率，估算出了将要开采的石油的期望市场价值。然而，任何估价都有误差，因此每一家的估价都由两部分组成：实际的市场价值1000万美元和随机误差。他们的估价见表21-2。

表21-2 三个公司的期望市场价值

红方	700万
褐方	1100万
黑方	1200万

假设该拍卖是第一价格拍卖。若黑方以其估价出价，他就将胜出，但会损失200万美元，因为这片土地实际的市场价值为1000万美元，这就是胜利者的灾祸。在共同价值拍卖中，如果竞买者按照其估价出价，赢家就是估价高出共同价值最多的人。

如果该拍卖是第二价格拍卖会怎样呢？[9]第二价格拍卖在私人价值拍卖中具有简洁和有效率的优点。本例为共同价值拍卖，所以我们不能像以前那样进行分析。但与私人价值的第二价格拍卖一样，简单地按照期望市场价值出价是不理性的。假设三家公司都按照他们相应的期望市场价值出价，结果是黑方胜利，但黑方需支付第二价格，也即是褐方的出价1100万美元。既然实际的市场价值是1000万美元，那么作为胜利者的黑方仍会损失100万美元。因此在第二价格拍卖中，胜利者的灾祸仍然发生了。但在第一价格密封拍卖中，黑方的损失更多。如果竞买者很多，第二最高出价者也可能高估其价值，那么赢家会遭受更大的损失。

当然，真正的投标者并不愚蠢。理性的投标者会“综合考虑各种因素”（put himself in the equation），并且出价会低于自己的估价。“对于石油租赁拍卖的估价统计模型，均衡战略一般产生于密封投标中30%～40%（依据投标者的数量而定）的公司对土地价值的无偏估计。”[10]这种战略反应意味着最好的拍卖类型与共同价值拍卖的区别要比与私人价值拍卖的区别要大。

9 这种拍卖形式一般不会用在石油勘探开采权的拍卖中，但这里用来指出私人价值与共同价值拍卖的区别。

10 William Samuelson, "Auctions in Theory and Practice," in K. Chatterjee and W. Samuelson, *Game Theory and Business Applications*（Boston: Kluwer, 2001）, citing R. Wilson, "Bidding," in J. Eatwell, M. Milgate, and P. Newman, *The New Palgrave* (London: W. W. Norton, 1995).

21.6 两件互补品的拍卖

单一物品的拍卖可能是复杂的，而同时拍卖多件物品的情况会更加复杂。在电磁波频段的拍卖中，拍卖品是电磁波频段的使用许可证。既然为相邻的地区提供无线电通信服务可以使投标者获得更多的利润，那么投标者为相邻地区提供服务的估价就可能高于单独对某个地区提供服务的估价。在这种情况下，两个地区就是互补的，两种估价是彼此依赖的。

下面这个例子描述的是两个地区的无线电通信服务的频段使用许可证的拍卖。先拍卖X，其次是Y。三个投标者分别为公司A、B和C。A对同时提供两个地区的服务感兴趣，而另外两家公司并不这么想。B对把X纳入到他们已经在附近地区提供的服务中感兴趣，而C对提供对Y地区的服务中感兴趣，但前提是它能够完成与D的合并，D已经在对Y的相邻地区提供服务了。投标者对X、Y以及同时提供对两地的服务的估价见表21-3。

表21-3 电磁波频段拍卖中投标者的估价

投标者	X	Y	同时提供对两地的服务
A	2	3	12
B	5	1	8
C	1	4, 8	5, 9

表21-3中C对提供Y地区的服务的估价有两种，这依据合并是否发生。如果合并没有发生，C对Y的估价是4；如果合并发生，C对Y的估价是8。在投标的时候，C知道合并是否会发生，但其他投标者不知道。

为简化该拍卖，假设A在每次投标中都首先出价，并且A知道表格21-3中的所有信息，也即A知道自己、B以及C的估价，但A并不知道C对Y的估价是4还是8，也不知道C对同时提供对两地的服务的估价是5还是9。假设A赋予C对Y的估价为4或8的概率均为0.5，同样赋予C同时提供两地的服务的估价为5或9的概率也均为0.5。这样我们就可以仅关注A的战略以及那些实际上决定合并是否会发生的“自然法则”(nature)。

该博弈的扩展式见图21-15。在节点A1，A的出价至少为5才能得到X，因为B的出价为5。如果A选择“否”，即出价不为5，他仍然会出2以防止B犯错误，因此B的出价只要大于2就能得到X；A对Y的出价是3，因此C的出价只要大于3就能得到Y，A、B和C的收益依次是0，（小于）3，和（小于）1或5。C的收益是1还是5取决于它的估价是4还是8。[11] 如果A选择出价（为5），他就会考虑合并是不是会发生（从C的出价中可以了解这一信息）。合并是否会发生是由“自然法则”决定的，它赋予混合战略即（估价）$V=4$的概率为0.5，$V=8$的概率也是0.5。在上面的箭头处，C的估价是4，因此A出价为4就能得到对Y地区提供服务的许可证，那么A就能够从提供对两地的服务中赚取$12-5-4=3$的利润，其他两家公司的利润为0。在$V=8$的箭头处，即节点A2，A必须做出选择，是否应该出价为8得到对Y地区提供服务的许可证。如果A不出价，它只能得到X。他对X的估价为2，但为此支付了5，因此收益是-3。而C只要出价为3就能得到Y，且利润为5（或者可能小于5），B什么都没有得到，收益为0。如果A选择出价为8，它就能得到对X和Y地区提供服务的许可证，总的出价为$5+8=13$，损失为1，因为它原本对同时提供两地的服务的估价是12。其他投标者什么都没有得到，收益为0。现在用后向归纳法来解决图21-15中的这个博弈。节点A2上的子博弈是基本的。损失1胜过损失3，所以A将出价8得到X和Y。估计它在N点的收益，可以算出预期收益为$0.5(3)+0.5(-1)=1$。因此该博弈可以被简化，

11 为了确保完整，扩展式博弈的图表应该包括这些决策，但是这里我们做这种非正式的处理会使图形看起来比较简洁。

如图21-16。既然预期的收益是1胜过收益为0，因此A会出价以得到X和Y。

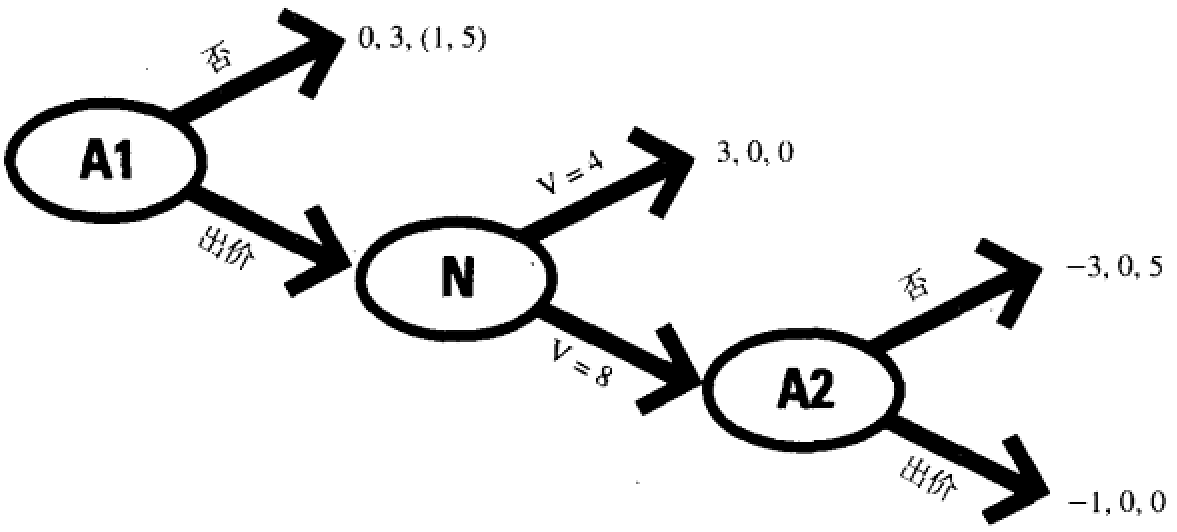


图21-15 投标者A的战略的扩展式

这个例子揭示了一些重要的原理。

- A在犹豫对X的出价要不要高于2，因为如果合并发生，C对Y估价就会比较高，A若对X出高价就会亏本。确实，如果A认为合并会发生因而C对Y的估价为8，那么A对X的出价就不会超过2，因为若A的出价超过2他就会亏本。这种亏本的问题会降低互补品拍卖的效率，并使卖者的收益减少。
- 既然，A对同时提供对两地服务的估价是12，那么A对X和Y的总出价为13就不能算是有效率的，如果合并发生，那么这个结果对A来说既不划算，又是缺乏效率的。
- 通常，互补品的序贯拍卖的效率取决于拍卖的细节。尤其在本例中，拍卖的结果取决于出售X和Y的顺序。假设先出售Y，那么，只要C出价，A就知道合并是否发生了。这样，不管C的出价是4还是8，拍卖的结果都是有效率的。

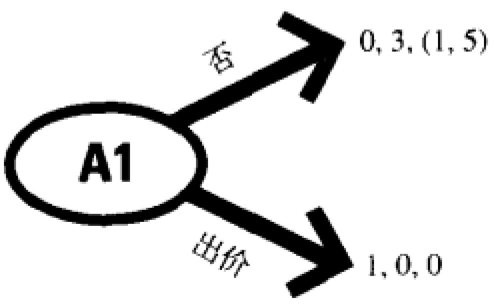


图21-16 简化的投标博弈

由于知道可能存在上述问题，博弈论学者在实际设计电磁波频段拍卖时采取了不同的方式。他们并不是依次出售许可证，而是同时对所有地区的电磁波频段使用许可证进行招标。如果本例中的拍卖是序贯拍卖，那么A决定对X出高价之前可以知道C对Y的出价。

但问题并不止这些。除了亏本的问题之外，还有反向的搭便车问题。假设先拍卖Y，C对Y的出价是8。只要同时提供对两地服务的许可证的总价格至少是12，A就无法通过投标赚取利润，因此B和C将得到许可证。假定B在X上出价为5，C就可以将他对Y的出价限定在7，也即总的出价为12。C就是B的搭便车者，尽管Y先被出售，但这无关紧要，B除了按照自己的估价进行出价外没有其他选择。然而，如果两个地区的许可证被同时拍卖，A和B就会犹豫是否按照他们的全部估价出价，每一家都希望自己是别人的搭便车者，这就使得A可以得到X和Y。亏本和搭便车的问题越严重，就越能凸现同时拍卖的优点。

同时拍卖多件物品的情况比较复杂。如果拍卖的物品不是互补品，而是替代品，那么这就将导致一系列不同的问题。

21.7 拍卖形式的选择

正如我们所看到得，拍卖的结果取决于**拍卖框架**（auction frame）的细节。共同价值，具有互补性或替代性的多件物品以及拍卖框架的其他方面，都有可能改变每一种拍卖类型的结果，

拍卖类型不同，改变的方式也不同。这种敏感性，再加上拍卖框架、类型以及目标的多样性，就意味着某种特定的拍卖类型的选择或设计是一件很痛苦的工作。如果设计一种特定的拍卖（例如出售短期国库券或配置电磁波频段），我们就会想到依据不同的环境选择不同的拍卖类型。这就是结果等价（equivalence results）的重要之处。

我们设计的目标也许不止一个。一个显著的目标就是使卖者的收益最大化。当拍卖应用于电磁波频段等公共物品的配置时，效率和公平就成为设计的目标。在美国政府配置电磁波频段的拍卖中，其中一个目标就是鼓励小企业和女性创办的企业投标。既然每种成功的拍卖类型从框架上来说可能是不同的，那么我们就可以将拍卖的设计看做是匹配拍卖的类型、框架和目标的过程。例如，英国式拍卖在单一物品的私人价值拍卖方面就很有效率。

博弈论还没有分析过多种拍卖形式结合的情况，这是一个有待解决的问题。我们能够解决的那些简单的例子（像互补品拍卖的例子）提醒我们，对于一些问题可以采用试探性的解决方法。总之，我们从实验以及博弈论分析的角度介绍了很多有关拍卖的类型的知识。本章接下来简要总结了一些实验结果，但不包括任何实验的细节。

21.8 一些实验结果

21.8.1 私人价值

拍卖的设计者关心的是拍卖的效率以及卖者的收益。在私人价值和最优反应战略下，英国式拍卖是有效率的。它可以使卖者的预期收益最大化。博弈论分析告诉我们，英国式拍卖、荷兰式拍卖和密封拍卖在效率以及收益最大化这两个标准上是等价的。然而在荷兰式拍卖和第一价格密封拍卖的均衡中，竞买者使用了混合战略，因此卖者的收益就存在风险。实验告诉我们，密封拍卖相对于其他拍卖类型来说，倾向于使卖者获取更多的收益，而英国式拍卖倾向于高效率。

21.8.2 共同价值

如果假设投标者是对称的和风险中立的，那么理论上，对于共同价值拍卖，所有的拍卖类型都是同等有效率的。然而英国式拍卖具有一些优点。竞买者可以通过观察其他参与者的出价来调整他们对共同价值的估计，因此他们没有必要过多地低于估价出价，以使自己免受胜利者的灾祸。最终，英国式拍卖能使卖者获得最高的收益。但实验表明，竞买者的出价往往高于理性的出价。也就是说竞买者对自己的估价非常自信，认为不需要过多地考虑误差以及从其他竞买者的出价中得到信息。有时胜利者的灾祸在现实的市场中也会发生。例如，有证据表明，海外石油勘探开发租赁投资的收益比竞争性投资的收益少，这与海外石油勘探开发租赁拍卖中存在胜利者的灾祸是相符合的。实验表明，英国式拍卖比荷兰式拍卖的效率高，但卖者得到的收益要少。

小结

拍卖逐渐成为市场经济中配置稀缺资源的手段之一，它同时也成为博弈论研究的一个重要和新兴的领域。

通常，在拍卖中，参与者的收益取决于他的估价和他所支付的价格。如果他的估价不受其他参与者所拥有的信息和出价的影响，就是私人价值拍卖。然而，如果对于所有竞买者来说，拍卖品的价值都一样，但竞买者所拥有的信息不同，那么他们的估价就取决于其他竞买者所拥

有的信息，这就是共同价值拍卖。不同的拍卖框架需要不同的拍卖类型。在私人价值拍卖中，第二价格密封拍卖在理论上非常完美，但在共同价值拍卖中可能会出现“胜利者的灾祸”，在这种情况下第二价格密封拍卖可能是缺乏效率的，并且卖者得到的收益比英国式拍卖少。不幸的是，如同拍卖在其他领域中的实际应用一样，现实情况是非常复杂的，现在还没有成体系的理论，我们还有太多的东西要学习。

练习与讨论

21.1 易趣拍卖

浏览易趣网，找一个正在进行并且已经有人出价的拍卖。古代艺术品的拍卖就是一个很好的例子，可以从此处查找：URL, http://listings.ebay.com/aw/plistings/list/all/category20216/index.html.

每天观察这一拍卖，假设该拍卖是私人价值拍卖，分析这些出价是不是理性的？如果是共同价值拍卖，分析哪些出价是不理性的？为什么？你如何解释？

21.2 集邮爱好者困境

洛克是一个集邮爱好者，他专门收集the Republic of Lower Fogravia的邮票。他愿意支付高达50万美元的价钱，以确保他的收集是完整的。洛克在这种邮票的收集上有一个竞争对手：桑德，每一次提供这种邮票的拍卖会他通常都会参加。桑德和洛克一样，也决定要让自己的收集是完整的。两人同时出席一个拍卖会，这个拍卖会拍卖的是一张印倒的36芬尼的Fogravia邮票。洛克知道这种邮票只发行了很少一部分，并且目前只有两张在博物馆里。洛克不知道桑德是否也有一张。这是一个私人价值拍卖吗？假设洛克观察到桑德并没有为这张邮票出价，洛克能从中推断出什么？假设洛克观察到桑德正在为这张邮票出价，那洛克又能从中推断出什么？

21.3 拍卖框架

这里有一些拍卖的例子。指出将它们作为私人价值拍卖进行分析比较好，还是作为共同价值拍卖好？并说明为什么：

(1) 作为私人收藏的独一无二的古代艺术作品的拍卖；

(2) 美国衣阿华州（Iowa）迪比克（Dupuque）一些地区的电磁波频段的拍卖；

(3) 一家以出售古籍为主的破产书店的存货的拍卖。

21.4 缺席出价

我曾花时间研究过旧家具的拍卖。一个拍卖人将缺席者的出价写下来，并且根据竞价涨幅替这个缺席者出价。但我还见过另一个拍卖人（可能缺乏经验），他以缺席者的出价起拍，因此缺席者的支付就不可能少于已经写出的出价。如果拍卖人采用第二种方法，对你的出价战略将产生怎样的影响？

21.5 另一个在线练习

比较电磁波频段拍卖（http://www.spectrumauctions.com/spectrum-home.html）和易趣的发动机拍卖（http://pages.ebay.com/ebaymotors/index.html）。你将选择哪种拍卖形式来购买一辆法拉利跑车呢？为什么？你将选择哪种拍卖形式出售一件你刚刚修理过的20世纪50年代的TR3呢？

（本章注释3所指的答案：该博弈有三个适当子博弈，其中两个是基本子博弈。子博弈完美均衡是帕特出价105元，而昆西弃拍。）

第22章

演进和有限理性学习

预备知识

- 为了更好的理解本章，你需要学习和掌握第1~8、11、14、16、17以及21章的相关内容。
- 本章主要概念：种群博弈、演进稳定战略、复制动态博弈。

让我们回顾一下第5章中的鹰鸽博弈。在这一例子中，鹰和鸽发生冲突，每一只鸟必须选择进攻还是后退。虽然人类是可以计算的理性动物，但鸟类则不同。它们的大多数行为都是由基因决定的。鹰喜欢进攻，这并不是它们的选择，而是它们的天性使然。鸽子会选择后退，同样也是因为它们的基因。

尽管如此，博弈论对进化生物学仍然产生了影响。生物学家认为，进化就是剔除无效战略的过程，因此，博弈论可以预测进化的结果。生物学家约翰·梅纳德·史密斯首先提出了**演进稳定战略**（evolutionarily stable strategy, ESS）的概念，这是一个适用于进化生物学的博弈论研究方法。

然而，即使对于人类而言，经典博弈论中的完全理性假定也与现实相差太远。众多人类行为的研究者认为，人的理性是有限的，由于受认知能力的限制，有限理性的人类通常是根据习惯、常规以及经验法则行事，人类不可能如博弈论所描述的那样，通过复杂的计算来获得最佳反应战略。但是，人类懂得学习。由于我们能够通过学习纠正错误，所以说，我们又是理性的动物。在某种意义上，人类的学习和生物的进化是没有本质区别的，生物学家引入到博弈论中的思想同样也适用于有限理性的人类。

这一章将要探讨演进稳定战略的概念以及其在生物学和有限理性学习中的应用。

详细解读
A Closer Look

约翰·梅纳德·史密斯（1920—）

1920年约翰·梅纳德·史密斯出生于伦敦。他早期在英国剑桥受教于航空工程专业，后在伦敦大学学院学习动物学。1951～1965年间，约翰·梅纳德·史密斯在该学校任教，之后又前往苏塞克斯大学执教，直到1999年从苏塞克斯大学退休。他对博弈论的主要贡献是将其运用至进化论中，尤其是将演进稳定战略引入到了进化过程中。

22.1 鹰鸽博弈与进化

第5章中的鹰鸽博弈是一个具有两个均衡解的2 × 2博弈。收益如表22-1所示。鸟的收益随其内在适应性（inclusive fitness）而改变，也就是说，随其种群的相对繁殖比率而变换。在**种群博弈**（population game）中，假定两只鸟随机进行组合，并且要在进攻（鹰）和退却（鸽）两种战略之间做出选择。当然，鸟的战略是由其基因组合决定的，但是如果（举例而言）种群中有25%的鹰和75%的鸽子，每个个体就会面临相似的情形，与“鹰”和“鸽子”进行组合的可能性分别为25%和75%。在这种情况下，每个个体与鸽子进行组合的概率就是与鹰进行组合的三倍，所以，鹰通过较少的搏斗就能获得较大的收益。

表22-1 鹰鸽博弈

		鸟B	
		鹰	鸽子
鸟A	鹰	−25, −25	14, −9
	鸽子	−9, 14	5, 5

既然收益是由概率决定，和在混合战略中一样，我们必须要计算收益的期望值。假定z是鹰在整个种群中的比例（在上段的例子中z值为0.25）。因此，$(1-z)$即为鸽子所占的比例（上段的例子中其值为0.75）。鹰的收益的期望值是：

$$EV(\text{鹰}) = (-25z) + 14\,(1-z) = 14-39z$$

当鹰与另一只鹰相组合时其收益是−25，与鸽子相组合时其收益是14。当$z = 0.25$时，EV（鹰）= 4.25。鸽子的期望值是：

$$EV\,(\text{鸽子}) = -9z + 5(1-z) = 5-14z$$

当鸽子与一只鹰相组合时其收益是−9，与另一只鸽子相组合时其收益是5。当$z = 0.25$时，EV (鸽子) = 1.5。

记住，这些收益和繁殖率是成比例的，所以两个种群都会不断增长。但是，鹰的种群增长会更快一些。整体的加权平均收益为$1.5\,(1-z) + 4.25z = 2.1875$。如此可以得出，鹰的种群成长速度为整体成长速度的4.25/2.1875 = 1.94倍，接近于两倍，而鸽子的成长速度只是整体成长速度的2/3。

繁殖的相对比率会决定一个种群长期成长为什么。图22-1给出了鹰所占不同比例时的两种鸟的不同期望收益。水平轴用以说明鹰的比例z。虚线用以说明当z从0到1变化时鹰的期望收益，实线则表示鸽子的期望收益。在两条线的交点处，整个种群达到稳定状态。在这样一个混合战略纳什均衡中，两者的期望收益是相等的。略加计算，我们就可以得到均衡点处z = 9/25 = 0.36。[1]

这是一个演进稳定战略，即ESS。Fernando Vega-Redondo的解释是，“一个战略……一旦被整个种群所采纳……如果另外一小部分种群采纳另一种战略，即便能获得一个较高的收益使小种群能暂时‘侵扰’（指进入并生存下去）整个种群，长期来看整个种群仍然不会发生突变，那么这种战略就被认为是一个演进稳定战略。”[2] 如果将ESS运用至鹰鸽博弈中，我们需要对这一混合战略中的9/25的均衡比例（每只鸟的混合战略中都有9/25的概率是扮演鹰的角色）做出

1 $5-14z = 14-39z$

$(39-14)z = 14-5$

$25z = 9$

$z = 9/25 = 0.36$

2 Fernando Vega-Redondo, *Evolution, Games and Economic Behavior* (Oxford, England: Oxford University Press, 1996), p. 14.

解释。试问，如果有一更小的种群采用不同的概率，它们是否能得到更高的收益？答案是否定的。$z = 9/25$时的混合战略是一个纳什均衡，这意味着每一个体或一个小的种群都采取了最优反应战略。任何变化都不会使其收益变得更优或更坏。

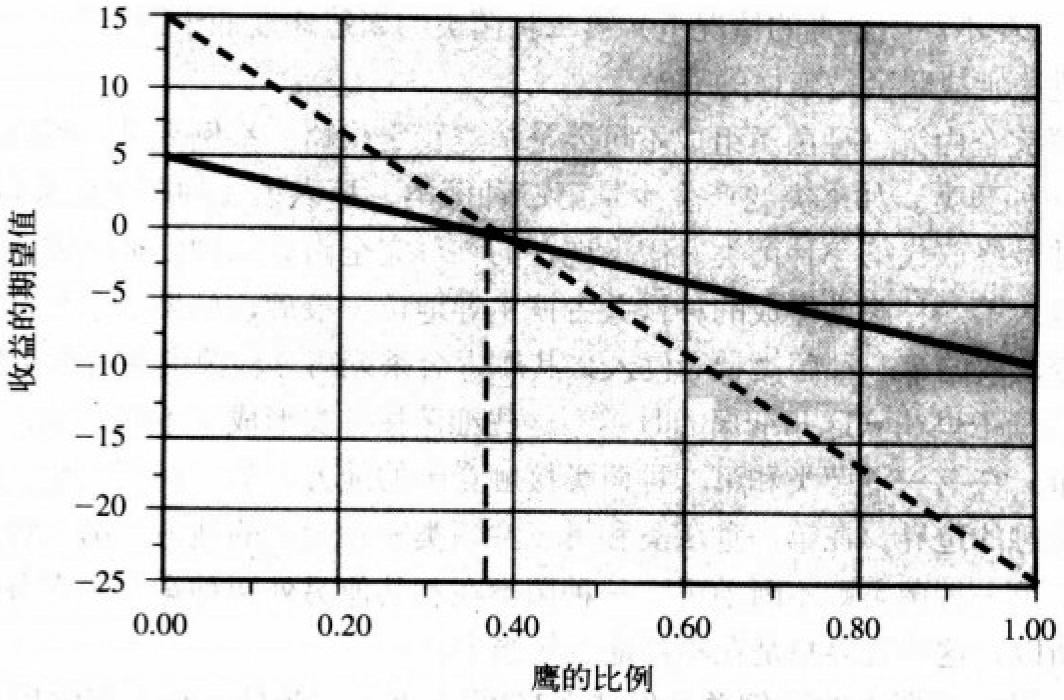


图22-1 鹰鸽博弈中繁殖的相对比率

ESS隐含着**复制动态博弈**（replicator dynamics）的动态思想。在复制动态博弈中，可以再次引用Vega-Redondo的解释，“种群中采用某一战略的比例与其相对收益成比例变动（也就是说，与偏离平均收益的程度（正或者负）成比例变动）。”[3] 在对鹰鸽博弈的讨论中，我们运用了复制动态博弈，注意到在任意$z < 9/25$的点上，鹰的收益高于种群的平均收益，所以鹰的比例z，会继续增加；但是在任意$z > 9/25$的点上，鹰的收益低于种群的平均收益，鹰的比例z，会不断降低。事实上，如图22-1所示，当z位于偏离9/25的任意一点上时，z值会自动移向9/25的点，在复制动态博弈中，只有$z = 9/25$才是稳定的。这说明了动态学中的研究结果和演进稳定战略的研究结果是一致的。

我们可以得出以下两个结论：

(1) ESS是一个纳什均衡。“如果另外一小部分种群采纳另一种战略，即便能获得一个较高的收益使小种群能暂时‘侵扰’（指进入并生存下去）整个种群，长期来看种群仍然不发生突变。”这也就是说当种群生活在演进稳定战略中时，每种生物所采取的都是最优反应战略。

(2) 由于并非所有的纳什均衡在复制动态博弈研究中都是稳定的，所以并非所有纳什均衡都是演进稳定战略。

22.2 污水中的博弈

埃希氏菌类，缩写为E. coli，是一种污水中常见的细菌。据纽约时报报道说，埃希氏菌的三大细类似乎也在进行石头，剪刀，布的游戏。[4] 在石头，剪刀，布的游戏中：纸能包住（击败）石头，石头能打碎（击败）剪刀，剪刀又能够剪（击败）纸。任一可以预测到的战略都可以被击败，所以每一战略以1/3的概率出现的混合战略是惟一的纳什均衡解。

3 Fernando Vega-Redondo, *Evolution, Games and Economic Behavior* (Oxford, England: Oxford University Press, 1996), p. 45.

4 Henry Fountain, “Bacteria’s 3-Way Game,” *The New York Times*, (July 30, 2002), Section F, p3.

埃希氏菌分为以下三种细类：第一种菌类会产生一种致命的剧毒和一种避免自身中毒的蛋白解毒剂；第二种菌类只产生解毒剂；第三种菌类两者皆不产生。每一种化学物质的产生都会消耗细菌自身的生长能力，降低细菌的繁殖速度。所以，第一种菌类的繁殖速度低于第二种菌类的繁殖速度，（在不产生剧毒的情况下）第二种菌类的繁殖速度低于第三种菌类的繁殖速度。那么，一个演进稳定战略会是怎样的呢？

首先，种群完全由第一种菌类组成不可能是演进稳定战略。举例来讲，假设存在一个种群完全来自于第一种菌类。如果突变产生少量第二种菌类，那么第二种菌类就会侵入这一种群，从而不断成长并最终取代第一种菌类。假设现在的种群完全由第二种菌类组成，突变产生的第三种菌类也会侵入第二种菌类组成的种群并占据主导地位。最后，如果一个种群完全由第三种菌类组成，突变形成的第一种菌类就会侵入，其剧毒会杀死第三种菌类并占据主导地位。

实验人员在盘子里饲养这些细菌的时候，这些细菌按种类形成了不同几簇，只在接触的边缘部分相互竞争。在第一种菌类和第二种菌类接触竞争的地方，第二种菌类生长迅速，推动第一种菌类偏离接触的边界。在第一种菌类和第三种菌类相互竞争的地方，第三种菌类受毒性的影响不断后退，第一种菌类则不断前进。一种菌类在和其他另外两种竞争者竞争的过程中势必是一胜一退。所以，这些边界总是在不停地变化当中。

但是，每一种菌类所占的比例总是保持在1/3的水平上。为什么呢？假定用A、B、C分别表示第一种菌类、第二种菌类和第三种菌类所占的比例。令A、B、C分别等于40、30、30。第三种菌类的数量会减少，因为第三种菌类和第一种菌类相互组合（第三种菌类败出）的概率比与第二种菌类相互组合（第三种菌类胜出）的概率高1/3。同理，第二种菌类的数目会增加。从第一种菌类的立场看，这两种变化都是不利的。第三种菌类数量的减少以及第二种菌类数量的增加都会降低第一种菌类的生存机会，从而导致第一种菌类数量的降低。动态学是复杂的，它告诉我们一个结论：只有当$A/B = B/C = C/A$时，整个种群才能达到稳定状态。这就意味着每一种菌类的数量都是整体的1/3——正如石头，剪刀，布一样。

综上所述可以得出，这些细菌是随机组合进行一对一博弈，每一簇菌类边界的改变大致说明了这一点。如果组合不是随机的，那么结果就会不同。在另一实验中，实验人员将所有的细菌放到一个烧瓶中，每天都进行完全地混合搅拌。很显然，第三种菌类会遇到第一种菌类，并且很快就被毒死。[5] 如此，第一种菌类就将消灭掉所有第三种菌类，从而为第二种菌类排挤第一种菌类创造了条件，结果是只有第二种菌类能生存下去。这从长期看来是不稳定的。如果突变产生少量的第三种菌类，它们就会侵入并取代第二种菌类——但是突变不可能在短期内发生，所以在实验室里观察不到这个过程。

博弈论在进化生物学中还有很多应用。应当说，博弈论可以有效地运用至非人类领域的研究中。博弈论在生物学应用中的两个关键性概念——演进稳定战略以及复制动态博弈，同样也可以研究人类及其战略的演化过程。

22.3 有限理性

在新古典经济学和大多数的博弈论中都假定，人是追求收益最大化的，并且可以无误地选择最优反应战略。另外有人则认为人的真实理性是有限的。关于这一点有很多种表述方式，大多数都来自于赫伯特·西蒙。赫伯特·西蒙早期的一项研究认为，如果人们在某一问题上有满意解时，就不会再去寻找最优解。生产系统（production systems）表述的是另一种有限理性的

5 还有一种可能，就是在搅拌的过程中，毒素会散布在整个烧瓶中，也会达到同样的效果。

情况。通过对人工智能的研究发现，[6]人类往往是根据规则做事，即便这种规则可能非常复杂，并且也不是很适宜。一些战略中也存在这种不理性，如针锋相对战略。综上所述可以得出，人们据以行事的法则并非是使其收益最大化的理想法则，而是能让其感到满意的法则。这些法则称为**启发式法则**（heuristics）。正如我们在第20章中看到的一样，有大量证据支持这一观点。

但这并非说人们可以不用学习。学习在博弈中非常重要，博弈论包括一些完全理性学习的模型。[7]然而，要想做到完全理性需要掌握所有信息，需要考虑概率、运用贝叶斯法则才能使估算值与现实相一致。在博弈论中有一些模型是基于贝叶斯学习的，但我们并不准备在这本入门指导性的书中介绍这些内容。[8]这里我们仅仅考虑有限理性的问题。有限理性动物的学习是一个非对称的过程。有限理性学习意味着，有限理性的人们往往是根据他们已往的经验改变他们的战略，他们甚至不会使用已有的证据或者应用贝叶斯法则。人们常常是根据其经验排除一些低收益的战略，也可能通过模仿学习他人。如果我注意到我的邻居在社会两难中总是采用针锋相对的战略，并且收益高于我总是采取合作态度时的收益的话，那么我就会转而采取针锋相对的战略。我们可以发现，在有限理性学习的进化过程中，不合适的规则会逐渐被淘汰，最适宜的规则会保留下来。最适宜的规则通常能保证获得最大收益。我们在后两个例子中会继续探讨这一问题。

详细解读
A Closer Look

赫伯特·西蒙（1916—2001）

赫伯特·西蒙出生于威斯康星州的密尔沃基市。他的父亲是一位电子工程师，也是一位投资家。1933年，他进入芝加哥大学学习，立志成为一名数学社会学家，而在当时并没有相关的课程。1942年，他对管理行为的研究使其获得了芝加哥大学政治学的博士学位。作为伊利诺伊州科技学院的一名年轻的政治学教授，他仍致力于数理经济学的研究。1949年，他作为创始人之一，创立了卡内基-梅隆大学的工业管理研究所，并在此度过其职业生涯。在与亚伦·纽厄尔的合作中，他开始通过计算机模拟来解决人类生活中存在的问题，并成为认知科学的创始人之一。1978年，他因为对组织中决策问题的研究获得了诺贝尔奖。

22.4 有效信息市场

许多经济学家和金融理论家都认为金融市场的信息是有效的。举例而言，XYZ公司目前的股票价格反映了公众可获得的所有有关XYZ公司投资收益和风险的信息。正因为如此，股票的价格只有在出现新信息时才会发生波动。顺理成章地，那就意味着XYZ公司的股票价格是不可预期的，它在未来的波动轨迹将是一条随机路线。这就是“有效市场理论”。按照该理论，通过研究单独的某些股票来获取信息是没有意义的。你既可以随机购买股票，也可以购买一项由一簇股票形成的指数化基金。事实上，指数化基金在最近几十年已经在小规模投资者中间十分

6 来自Herbert Simon, “A Behavioral Model of Rational Choice,” *Quarterly Journal of Economics* v. 69, no. 1 (February 1955), pp. 99-118 on satisficing, 以及 “The Information Processing Explanation of Gestalt Phenomena,” *Computers in Human Behavior* v. 2 (1986), pp. 241-255 for an example of the production systems approach等著作。

7 John Harsanyi，其研究范围包括博弈论、经济学以及社会心理学，因其在博弈中发展了完全理性学习模型，曾和John Nash、Reinhard Selten共同分享诺贝尔奖。这一理论，尽管重要，但超出了本书的研究范围。

8 见第7章中附录B，给出了贝叶斯法则的一个具体例子。

流行了。[9]

有效市场理论也许贴近实际，但格罗斯曼和斯蒂格利茨认为它不可能等同于实际[10]。因为如果它等同于现实，就不会有人花费精力进行任何市场调研了，而且事实上可获得的信息未必反映股票的价格。毕竟，有用的信息不是免费的。花费心思研读公司年度报表和财务信息报告是必要的，而这本身就是一项成本。为了获取最佳信息也许还要投入货币成本。如果可以随机购买信息或者无成本地仿效他人的决策，为什么还有人愿意承担这些成本呢?

如果其他投资者都是信息充分的，那么对于单个投资者而言，有效市场理论就是符合逻辑的。然而，如果所有的投资者都按照它们处于一个信息有效的市场环境下行事的话，那么市场就不可能达到信息有效的程度。事实还不仅仅如此。从观察中可以得知，一些投资者购买指数化基金并没有做深入的市场调研，另一些投资者却花费了大量的时间、金钱来做市场调研。

我们可以将之转化为博弈论的语言加以描述。一个投资者最起码有两个战略：拥有信息或没有信息。[11] 第一步假定只有两个投资者，形成一个2×2的博弈。如果其中任一投资者能够获取信息，那么两个投资者都可以获得8%的回报率。但是，获取信息的努力和花费将相当于回报率减少1%。所以，对于选择获取信息的投资者而言，其净收益率为7%。如果没有投资者能够获取信息，他们都只能获得4%的回报率。表22-2给出了不同情况下的收益。

表22-2 双人投资博弈

		乔治	
		知情	不知情
沃伦	知情	7, 7	7, 8
	不知情	8, 7	4, 4

这一博弈存在两个纯战略纳什均衡——发生在某个投资者掌握信息而另一个没有的情况下。在这个简化的博弈中，存在这样一个均衡：如果只有一半的投资者拥有信息，那么其余的投资者就能获得更高的收益。

现实情况远非两个投资者那么简单。如果大多数投资者获取到信息，那么我们可以断定，不知情的投资者通过随机投资或者购买指数化基金就可以获得与知情者一样的收益。在这种情况下，购买指数化基金的投资者与模仿掌握信息的投资者的行为是等效的，并且成本低廉。如果有足够多的投资者获取信息，那么没有掌握信息的投资者也可以通过努力获取信息，从而达到和掌握信息的投资者一样的效果，甚至更好。事实上，尽管我们还不能肯定，即使少数掌握信息的投资者似乎都可以将股票价格推至一个合理的水平。毕竟，掌握信息的投资者的决策比起没有信息的投资者的决策影响力更大——因为前者的目的性更强，而后者则不同。

表22-2所列的是一个2×2的博弈，将其视为一种均衡博弈似乎更贴切。正如第11章中的通勤者博弈，图22-2给出了这种博弈的收益情况，用实曲线表明了未掌握信息的投资者的收益。该图中收益情况与表22-2中的略有不同，主要在于未掌握信息投资者的收益情况主要依赖于掌

9 这一观点是面向普通读者的，来自Burton Gordon Malkiel in *A Random Walk Down Wall Street*, 7th edition (New York: W.W. Norton &Company), June 2000.

10 S. Grossman and J. Stiglitz, "On the Impossibility of Informationally Efficient Markets," *American Economic Review*, 70 (1980), pp. 393-408.

11 R. Cressman and J. F. Wen认为，在这一例子中，投资者可以从一系列混合策略中进行选择，但为了简化我们忽略了这一点。见R. Cressman and J. F. Wen, (October 3, 2002) "Playing the Field: An Evolutionary Analysis of Investor Behavior with Mixed Strategies" working paper, GREQAM, Centre de laVille Charite, 2 rue de la Charite, 13002 Marseille, France.

握信息的投资者的数量。未掌握信息的投资者，只有当他是众多掌握信息的投资者中惟一未掌握信息的人时，才能获得最高的8%的收益率。

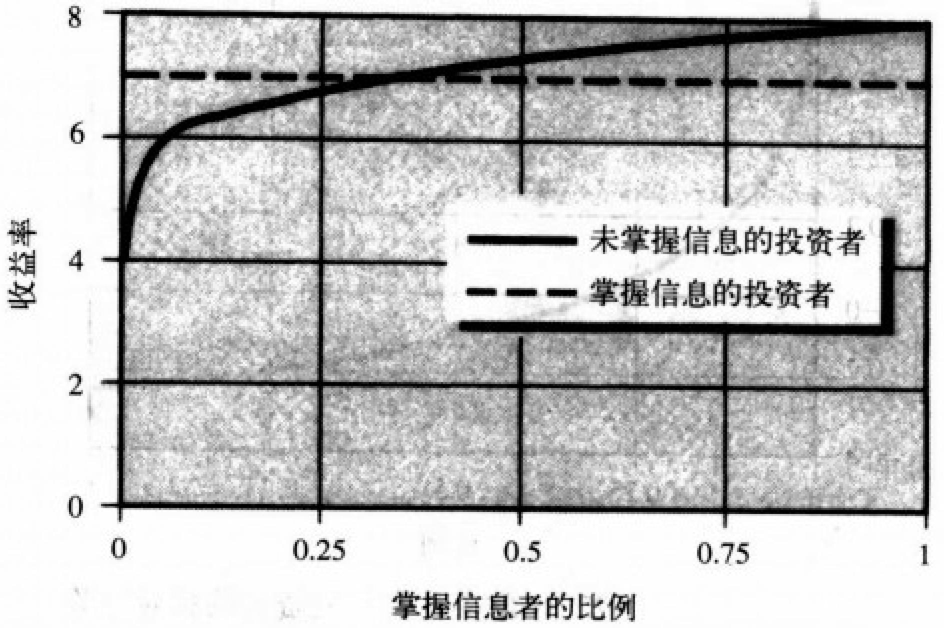


图22-2 不同比例的掌握信息的投资者的收益

在另一种极端情况下，如果所有投资者均没有获得信息，真正进行随机投资的投资者就能获得4%的回报。然而，随着获得信息投资者比例的增长，市场中信息的数量也快速增长，以至于随机投资或购买指数化基金的未掌握信息的投资者的收益也急剧上涨，当有1/4或更多的投资者掌握信息时，[12]这一收益才会达到平稳状态。掌握信息的投资者可以稳获7%的收益，如虚线所示。因此，当掌握信息的投资者比例低于31.6%时，掌握信息的投资者的收益会更好，反之，则未掌握信息的投资者会得到更高的收益。

当视这种博弈为一种均衡博弈时，均衡条件就是要求有31.6%的投资者掌握信息。这里存在很多种纳什均衡，具体取决于哪些投资者掌握信息，但是每种均衡都是31.6%的投资者掌握信息而其他人没有掌握信息。

这是稳定的吗？答案是肯定的。复制动态博弈指出，选择获取信息的投资者比例将随获得的收益的变化上升或者下降。图22-3反映了获取信息的动态收益相对于整体平均收益比例的变动情况。按照复制动态博弈的理论，两者之商将决定某一阶段获取信息的投资者比例的变化。很显然，任何时候该比例值偏离均衡状态（31.6%的投资者掌握信息）时，都会自动向均衡的方向移动。图22-4显示了分别从0.7（下滑）和0.1（上扬）向均衡方向移动的两条路径，这是投资者不断学习和修正他们战略的过程。

此时在均衡点存在两种投资者。一种是少数做了广泛市场调研和谨慎投资的投资者，他们获得了7%的净收益。另一种是购买指数基金或随机投资的投资者。因为大约有31.6%的投资者做了调研，市场上的价格就会高度有效，并且消极的投资者也会获得7%的收益。这与我们现实生活中的情况比较吻合。那么两者谁的做法才是正确的呢？做市场调研的投资者还是那些消极的投资者？其实他们都是正确的，而且事实上谁消极谁积极都无关紧要。投资者本身没有差别，有差别的只是他们选择的战略而已。达到均衡所需要的只是他们中要有31.6%的人要去调研和掌握信息。

---

12 这种平稳状态是逐渐减少的回报的一个情况。这说明获得信息的投资者越多，那些没有进行市场调研的投资者可获取的信息就越多，但免费的信息会受到逐渐减少的回报的影响，根据计算为$4+4p^{0.25}$，其中p是获得信息的投资者比例，$p^{0.25}$是p的四次方根。这一算式的选择比较武断，但是是为了说明逐渐减少的回报对免费信息的影响。

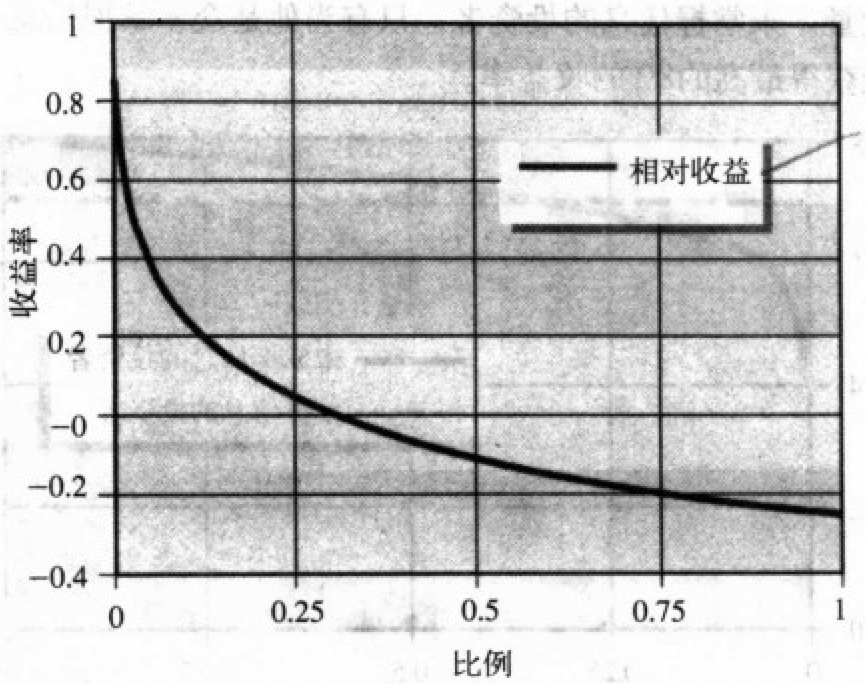


图22-3 掌握信息的投资者的相对收益

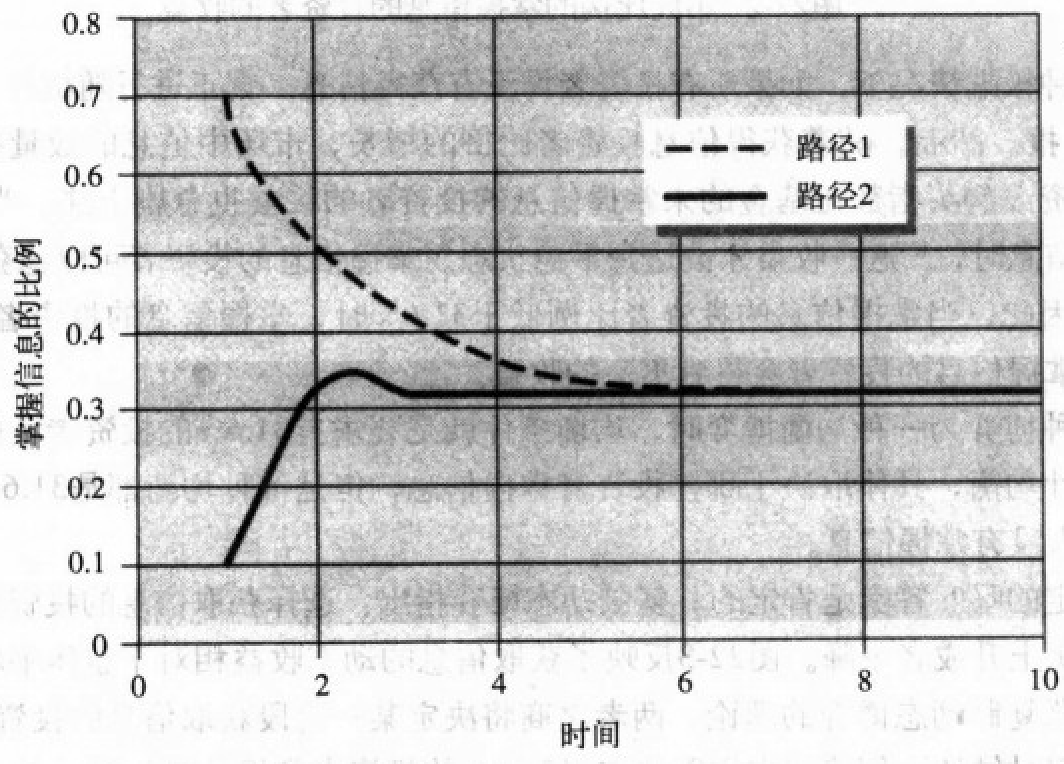


图22-4 达到均衡点的两条路径

22.5 演进与重复的社会两难

假设一群参与者共同参与一项社会两难问题。如表22-3所示。每个回合中的两个参与者都是随机组合的，并且博弈是无限重复进行的，综合考虑现金折扣和无缘下轮博弈的可能之后的折现因子为2/3。

表22-3 一个社会两难

		Q	
		C	D
P	C	3, 3	1, 4
	D	4, 1	2, 2

参与这项博弈的人们是有限理性的，有三种战略可循：

- 总是选择C
- 总是选择D
- 选择针锋相对的报复战略

以上三种战略折现后的现值收益见于表22-4中。

表22-4 重复的社会两难中的战略法则和收益

		Q		
		总是选择C	总是选择D	针锋相对
P	总是选择C	9, 9	3, 12	9, 9
	总是选择D	12, 3	6, 6	8, 5
	针锋相对	9, 9	5, 8	9, 9

在一特定的时间，参与者转变其战略的可能性很小。参与者将战略R转变为战略S的概率，与战略R的收益与战略S的收益之比成比例。比如说，如果两个人“同时选择C”将平均获得2个单位的收益，选择“针锋相对的报复战略”则获得2.5个单位的收益，那么两种战略收益之比为2.5:2 = 5:4，所以由战略“同时选择C”转变为“针锋相对的报复战略”的可能性相应地比从“针锋相对的报复战略”转变为“同时选择C”要高。这时更多人就会选择“针锋相对的报复战略”，因此选择该战略人数的比例也随之上升。总之，能够带来更多收益的战略必将被更多人采纳。我们可以用复制动态博弈的方法分析该博弈。

既然参与者之间的组合是随机的，那么每个参与者与C战略参与者、D战略参与者还有报复战略参与者搭档组合的几率就取决于每种参与者在所有参与者中所占的比例了。这样一来问题就变得复杂了，因为我们有两种比例要考虑。但是，由于“总是采取C战略”是被占优的，所以我们通过研究几个特例将问题简化，其中“总是采取C战略”的参与者比例为零，采取“针锋相对的报复战略”的参与者比例不定。这些例子见于表22-5中。三种战略的期望值收益见于表中间的三列。我们可以发现均衡取决于起始点的位置——如果在起始点几乎没有人选择“报复战略”的话，那么“选择D战略”将是占优战略，结果将是无人再选择“报复战略”。但是只要选择“报复战略”的人数比例超过0.2，“报复战略”将是占优战略，“D战略”将无人问津。

表22-5 复制动态博弈下的社会两难中的趋向

以牙还牙者的比例	总是选择C	总是选择D	EV (TfT)	结果
0.9	8.4	5.1	8.6	以牙还牙者的数量逐渐占据优势，选择D的参与者消失
0.8	7.8	5.2	8.2	同上
0.5	6	5.5	7	同上
0.2	4.2	5.8	5.8	选D的参与者与针锋相对的参与者的相对比例保持不变
0.1	3.6	5.9	5.5	选择D的参与者数量逐渐占据优势，针锋相对的参与者消失

如此，在复制动态博弈中将会出现两个稳定均衡：一种带来合作收益的提高，另一种则没有。事实上，达到这种均衡的方式很多，但通过“报复战略”促进合作行为发生的均衡将比其

他的方式实现均衡的可能性大。因此，对于有限理性的人而言，在某些情况下是有希望达成合作均衡的。当然，该博弈的解很大程度上取决于具体的数值，达成均衡的可能性也会因数值的不同而不同。

22.6 针锋相对、互惠以及人类的进化

触发战略，比如我们所知的“针锋相对”战略，是基于理性的自私考虑，但是在很多情况下，它能够产生合作解，尤其是当不采取此战略就可能导致损及双方利益的不合作均衡产生时。正如我们在第20章中所见到的，实验的证据显示人们并非总是从自私的角度行事，而且一定数量的研究也表明了人们通常会为实现互惠而放弃自私的念头。一些学者认为这种互惠趋向是源于人类基因的遗传——我们的基因促使我们以互惠为目的行事，并学会如何互惠合作。在这篇文章中，我们注意到“针锋相对战略”虽然在某些情况下源于自私，但是更多情况下是互惠的本性使然。

详细解读
A Closer Look

罗伯特·阿克塞尔罗德和阿克塞尔罗德比赛

1980年，罗伯特·阿克塞尔罗德组织了一次关于囚徒困境的不同战略的比赛。比赛包括一些简单的战略，如“针锋相对”和总是犯错误，同时也包括一些比较复杂的战略。他邀请了杰出的博弈理论学家制作了一些程序，通过计算机模拟的方式进行战略之间的对抗。在其一份影响很大的报告中，他指出针锋相对的战略在一定范围内是最优的，不存在一个完美的战略优于其他的战略。罗伯特·阿克塞尔罗德1943年出生于芝加哥，曾就读于芝加哥大学和耶鲁大学，现在是密歇根大学政治学教授。

为什么我们的基因会要求我们进行互惠互利呢？进化心理学的一些学者认为，我们人类及先祖的生活很长时间以来都被一些社会两难困扰着。前农业社会的人类以及古人类先天的互惠基因将使他们更易解决这些社会两难，从而更有可能生存和繁衍。[13]

有观点认为，前农业社会的人类和古人类为了生存而采取的许多狩猎和集体活动中，团队协作都是必需的。比如，在非洲某些前农业社会的人类通过追逐羚羊而使其筋疲力尽，待其倒地之后再猎杀它。单个人是不可能完成这一任务的，因为羚羊有着比人类更加出色的耐久力和更长的奔跑距离。奔跑是羚羊的强项。所以，人类必须组成团队来猎杀它。一队猎人等间距的围成一个大圆圈，并留一名猎人作为后备力量。我们可以试着好像他们按照各自站位围成一个圆圈的情景。我们可以称他们的站位为站位A，站位B等。这个团队是这样协作的：站位A的猎人将羚羊追至站位B，这时站位B的猎人再将羚羊追至站位C，其余位置的猎人依次追逐羚羊至其下一站位、这样从站位A将羚羊追至站位B的猎人就有充分的时间在站位B休息一下。作为后备力量的猎人就补充到站位A。一旦羚羊又跑到站位A，后备猎人就继续追逐它至站位B，原来站位A的猎人就继续下一轮追逐，然后继续休息。照此下去，人们可以不断地追逐羚羊直至它倒地。如果每个人都尽职尽责没有人偷懒，那么这种方式就可以很好地运作下去，这是一个古老的努力难题。

13 对那些相信人并非进化而来，而是由万能的上帝创造出来的人来说，解释为什么是遗传或者其他非自利的动机促使互惠行为的发生并不困难。既然说进化实质是一种自私自利的过程——就像生物学家达尔文在其《自私的基因》(Oxford University Press, 1976) 中所讲的那样，那么进化论其实是提出了一个更难解答的问题。

但是即使没有团队协作，也会有其他原因使人们狩猎并分享食物，就像他们其他的日常活动一样。毕竟狩猎是有风险的，即便是最好的猎人也可能在傍晚回家时两手空空。许多前农业社会的人类都明白为什么收获丰厚的猎人会将他的猎物拿出来与收获较少的猎人分享。

这里有个实例可以说明这一点。假设有两个前农业社会的猎人，暂且叫他们豪斯和布尔。每个猎人都技艺娴熟，但是在某一特定日子里，他们中就会有一个人两手空空地回家。豪斯与布尔成功狩猎的几率均为0.5。表22-6表示豪斯成功狩猎，布尔失败，以及每个人在“分享”与“拒绝分享”的战略中做出选择的情况下的收益分布情况。由于布尔一无所获，所以他的决定无关紧要。布尔−20的收益（若豪斯拒绝分享）反映了布尔将因虚弱而无力，而在明天的狩猎中也可能一无所获，并可能威胁到他的生命。表22-7则反映了如果布尔成功狩猎而豪斯失败的情况。

表22-6 当豪斯获胜时的分享难题

		豪斯	
		分享	不分享
布尔	分享	5, 5	−20, 10
	不分享	5, 5	−20, 10

表22-7 当布尔获胜时的分享难题

		豪斯	
		分享	不分享
布尔	分享	5, 5	5, 5
	不分享	10, −20	10, −20

这些并非社会两难，因为他们是如此不对称——失败的狩猎者根本就没有猎物与大家分享，因此也就不会因为所谓的“分享”而失去任何东西。但是他们并不知道其所进行的博弈。表22-8给出了收益的期望值。

表22-8 两人分享时的期望收益

		豪斯	
		分享	不分享
布尔	分享	5, 5	−7.5, 7.5
	不分享	7.5, −7.5	−5, −5

表22-8表示的是两人进行分享的社会两难。如果两个猎人彼此分享，那么他们的境况就会很好，但是拒绝分享才是占优战略。但是，猎人们无限期地一次又一次面对这一社会两难，他们可能通过自私的报复战略或类似的触发战略最终达成合作解决。然而，即使是通过触发战略，合作结果也不过是多种稳定结果中的一种。而且当人们犯了错误或是有两个以上的猎人存在时，结果将是不确定的。与之相对照，按照互惠天性行事的人们更有可能与别人互惠分享自己的猎物，并且回报那些愿意与之分享猎物的人，他们开始分享猎物时无非怀有希望互惠的目的，因此这些人更有可能在高风险的狩猎和集体活动中生存下来。

可以说，人类已经进化到可以很好地进行某些博弈的程度了，这显示了博弈论与进化论之间的另外一种联系。

小结

如果我们把博弈看做种群中个体的随机组合，并将博弈收益视为博弈参与者繁殖能力的差异，那么，博弈论就可以解释非人类的动物进化过程。根据这一观点，人们提出了演进稳定战略（ESS）和复制动态博弈的概念。在复制动态博弈中，采用某一战略的参与者的数目与该战略的相对收益成比例。动态博弈下的稳定纳什均衡就是一种演进稳定战略。其中，参与者遵循的战略可以是一种混合战略，遵从该战略的参与者的比例就是混合战略均衡中的概率值。这些博弈的均衡解有时与基础博弈理论中我们熟知的那些例子相同。

有限理性的人们可能根据相对简单的规则来选择他们的战略，因此会比较容易犯错误。如果将ESS应用到一些规则中使有限理性学习模型化，将有利于我们找到纳什均衡，并在某些情况下使纳什均衡的范围缩小到合作解或者次优解，这取决于博弈中的具体形式。

练习与讨论

22.1 青蛙配对博弈

回顾一下练习6.2中的青蛙配对博弈。其中，所有的青蛙都是雄性的，它们有两种战略可供选择以吸引雌青蛙：鸣叫或者观坐。一方面，鸣叫的青蛙会有被吃掉的风险，而观坐的青蛙被吃掉的风险则较低。另一方面，观坐的青蛙也有可能会遇到被其他青蛙叫声所吸引的雌蛙。所以，当有大量的青蛙鸣叫时，观坐的青蛙的收益会较高。

表22-9列出了三只青蛙K、M以及F的收益。假定鸣叫或观坐的青蛙数量很大，青蛙的收益是由鸣叫的青蛙的比例p所决定的。假定鸣叫的青蛙的收益是

$$Y_1 = 12 - 13p - 6p^2 + 12p^3$$

观坐的青蛙的收益是

$$Y_2 = 1 + 4p - 8p^2 + 20p^3$$

这一博弈是否存在演进稳定战略？是什么？

表22-9 青蛙的收益

		F			
		鸣叫		观坐	
		M		M	
		鸣叫	观坐	鸣叫	观坐
K	鸣叫	5, 5, 5	4, 6, 4	4, 4, 6	7, 2, 2
	观坐	6, 4, 4	2, 2, 7	2, 7, 2	1, 1, 1

22.2 群体博弈

埃尔菲罗是位于新墨西哥州圣达菲市的一家酒吧，这里是圣达菲学院混沌研究者聚集的地方。据说，酒吧在人比较多但又不过分拥挤时会达到最佳状态。我们观察了一个三人博弈，类似于第6章中的一个例子。现在，假定有100个混沌研究者，他们要在去酒吧和呆在家里之间做出选择。假定在某一夜晚去酒吧的人数是N，每个人的收益是$P = N - 0.013N^2$。

这一博弈是否存在演进稳定战略？是有效的吗？为什么？

22.3 最大化收益

经济学家经常假设企业可以最大化其收益，这一过程通常可以用数学加以表示。但是，众所周知，很少有企业主会通过计算来决定怎样以及何时改变产品的价格或产量。试用本章中的概念讨论这一问题。你能想出一些在演进稳定战略中企业主可以明确使用的决策方案吗？什么在演进稳定战略中是比较困难的？

PDG

22.4 沉默交易

人类学家声称，一种称为沉默交易的交易方式经常在处于发展初级阶段、没有受过教育并且互相敌对的人群中出现。沉默交易是这样进行的。我们首先将两组人分别命名为东方人和西方人。在习惯的时间和地点，这两个部落里的人见面了，彼此可以看到对方，但又隔着一个不足以发生战争的距离。首先，西方人开始向前移动，东方人原地不动，停留在武器的杀伤范围之外。西方人将要出售的货物成堆地放在地上，然后退回原地。东方人再向前进，如果东方人想要哪一堆货物就会将自己的一堆货物至于旁边，然后东方人退回原地，西方人再向前进。如果对交易满意，出售货物的西方人就会取走东方人的一堆货物，留下自己的货物然后回家。如果东方人的出价不足，西方人就会从自己的货物中取走一部分，表示一个他们满意的还价。这一过程可能会持续几个回合，直到所有的货物被取走，可能成交，也可能不成交。总之，双方不会近距离接触从而可能会袭击对方。

试用博弈论的术语对这一现象进行解释，参考演进稳定战略和有限重复博弈。

22.5 蝴蝶博弈

一些蝴蝶食用带有有毒物质的植物。比如说，帝王蝶就吃乳草植物，“帝王蝶可以吸收乳草植物中的强心苷。强心苷对蝴蝶是没有伤害的，但是对吃蝴蝶的鸟类不利，所以鸟是不吃蝴蝶的。”[14] 事实上，蝴蝶能接受强心苷并不是没有成本的。其中，存在新陈代谢的成本，并且在搜寻过程中要做出牺牲，还会错过其他的食物源。这是依靠乳草为生的不利之处。不过显然，降低被捕食的风险的优势足以弥补食用强心苷的劣势。

试用一个进化博弈的模型描述这一现象。首先，构造一个鸟和蝴蝶随机组合的2×2博弈。你需要对收益做出猜测，但收益值必须可以合理地解释问题。例如，吸收强心苷只有当蝴蝶遇到捕食它的鸟的时候才是值得的。之后，运用复制动态博弈判断均衡是否是蝴蝶以乳草为食且躲过了捕食者，就像我们在自然界中观察到的那样。

该博弈具有其他一些特点。帝王蝶和其他许多蝴蝶都有着明亮的色彩，很容易被鸟发现，遭到捕食。考虑战略中的这些影响方面以扩充你的分析。

---

14 James Gorman, "Did PCBs Save the Stripers? A Fish Story," *The New York Times* available at *http://www.nytimes.com/2003/03/25/science/life/25ESSA.html* as of March 27, 2003.

术 语 表

A

a public good **公共物品** 是具有非竞争性和非排他性的物品，非竞争性指向更多人提供服务不会增加额外的成本，非排他性指每一个人可以同等程度地享受该物品。

altruism **利他主义** 如果一个人不是自私的，而是考虑他人的利益，这种行为就是利他的。在博弈论中，一种可能的解释就是利他能够最大化总收益。

approval voting **赞成投票** 在赞成投票中，一个选择与另一个选择相比没有等级优劣，对于每一种选择投票者只需确定"是"还是"不是"。

B

backward induction **后向归纳法** 是一种找出子博弈完美均衡的方法，首先解出基本子博弈的均衡，把收益代人复合子博弈，接着解出复合子博弈的均衡，直到博弈的起始点为止。

basic subgame **基本子博弈** 不包含其他适当子博弈的子博弈。否则就是复合子博弈（Complex Subgame）。

Bertrand-Edgeworth equilibrium 伯特兰-埃奇沃思均衡 当两家企业分别定价，低价企业支配市场时，价格成为战略，得出的纳什均衡结果叫做伯特兰-埃奇沃思均衡。

best response **最优反应** 在其他参与者的战略选定（或者是可以预测）的情况下，参与者的最佳反应就是选择能够最大化其收益的战略。注意，这是针对其他参与者战略的最佳反应，并不是整个博弈中的最佳反应。

Borda rule **博尔达原则** 博尔达法则是由博尔达提出的。博尔达法则的要求是投票人根据偏好等级的程度反向地给每一候选项打分。在一个有三个候选项的选择中，排在第一位的偏好候选项就会得3分，第二位的偏好候选项得2分，如此类推。最高得分的候选项胜出。

bounded rationality **有限理性** 根据一些社会科学家的观点，人们并没有充分的认知能力去选择理性的战略，也就是指做出最优反应或者最大化其收益，而是依据启发式的法则进行选择。这种选择过程就被称为有限理性。

C

coalition **联盟** 联盟是指协调相互战略的一些参与者，不与其他人合作的参与者叫做单人联盟。

coalition dominance **占优联盟** 在联盟结构A中，假设参与者能够从退出现有联盟组成新的联盟中获益，新的联盟结构为B，那么我们就说B相对于A占优。需要指出，如果博弈存在转移效用，则需使用单边支付以保证新联盟中的每个成员都能获得额外的收益。如果没有任何一个联盟结构比联盟结构C占优，我们就说C是不被占优的。

coalition structure **联盟结构** 博弈中参与者组成联盟（包括单人联盟）的方式叫做联盟结构。

commitment structure **承诺结构** 序贯博弈中适当子博弈的集合。

complete information node **完全信息节点** 在扩展式博弈中，如果在某一个选择节

点，决策者掌握所有与其决策相关的以前的选择信息，那么该节点就称为完全信息节点。

completeness **完整** 如果投票方案能够对所有选项进行完整、一致的排序，这种投票方案就是完整的。

complex subgame **复杂子博弈** 如果一个博弈不是基本子博弈，就称其为复杂子博弈。

Condorcet rule **孔多塞原则** 孔多塞提议在双向自然投票中赢得其他两个候选人的候选人获胜。

conjecture **推断** 推断是指以相关事实为依据，对某一问题所做出的推测和判断。推断的结果是非结论性的，可能被证明是错误的。

consistent conjecture **连续推断** 当两个或更多决策者以对他人决策的推断为基础各自做出决策，而这些决策又要被他人再次推断，经过循环往复的调整，直到每个人的推断都正确为止，这一过程叫做连续推断。

constant-sum game **常数和博弈** 无论参与者选择何种战略，如果他们的战略收益之和为常数，我们就称之为常数和博弈。这一常数可以是零也可以是其他的数值。

contingency **不确定事件** 指可能发生也可能不发生的事件，比如对手采取某一特定战略的事件。

contingency plan **应急计划** 当随机事件发生时才付诸实施的计划。

contingent strategy **相机战略** 随机战略指，当随机不确定事件发生时所采取的战略。

contributory negligence **与有过失** 与有过失是一种法律条款，指当事人本应该采取行动以避免过失的发生，但却没有这么做，那么他就需要承担事故所造成的损失。

cooperate **合作** 在社会两难中，实施合作战略就是通过一个虚拟的联盟进行“合作”，以获得合作的收益。

cooperative games and solutions **合作与合作博弈解** 如果参与者可做出可信承诺以协调战略选择，那么博弈是合作的，得到的战略方案为合作博弈解。

cooperative solution **合作解** 如果博弈的参与者能够通过签订合约等方式协调他们的战略，他们所选的战略和收益就是博弈的合作解。

coordination game **协调博弈** 存在两个或更多纳什均衡的博弈可能会出现协同问题。因为参与者很难判断出哪一个均衡会实现，因此也很难使他们的战略协同，这便是协调博弈。

core of a cooperative game **合作博弈的核** 所有稳定的联盟结构的集合，稳定是指任何参与者的收益都不会因脱离、重组、新建联盟（包括单人联盟）而得到改善。

correlated equilibrium **相关均衡** 在存在多个纯战略纳什均衡的博弈中，一些参与者可能会结成联盟共同选择他们的战略，由共同战略所形成的纳什均衡的概率是既定的，这就叫做相关均衡。

Cournot equilibrium **古诺均衡** 当两家企业各自向市场投放一定数量的产品，并以由市场供求决定的价格销售时，产出决策为战略，得出的纳什均衡结果叫做古诺均衡。

cumulative distribution function **累积分布函数** 关于随机变量x的累积分布函数可以用来求解“变量l小于或等于x的概率”的问题。

D

defect **叛变** 在社会两难中，实施非合作均衡战略就是通过“叛变”虚拟的联盟，以获得合作收益。

demand curve or function **需求曲线或需求函数** 商品价格与每一价格下能够销售的商品数量之间的关系是一种需求关系，可用图形的方法表示为需求曲线，也可以用代数式的方法表示为需求函数。

density function **密度函数** 关于随即变量x

的密度函数可以用来求解“在x的邻域内变量l出现的概率”问题。

differential equation **微分方程** 以变化率为因变量的方程叫微分方程。

differential game **微分博弈** 用微分方程表示的博弈称为微分博弈。

discount factor **折现因子** 在博弈的未来各轮，收益要根据时间和博弈继续进行的概率进行折现。下一次博弈的折现因子为$\delta = p\frac{1}{1+r}$，这里p表示博弈继续进行的概率，r表示两次博弈相距时间的折现率。

dominant strategy **占优战略** 无论对方采取何种战略，当一个战略的收益高于第二个战略时，我们就说第一个战略占优于第二个战略。如果一个战略占优于其他所有战略（对于博弈的某一方），该战略被称作是占优战略（对该博弈者）。

dominant strategy equilibrium **占优战略均衡** 在一个博弈中，如果每个参与者都有一个占优战略，当他们都实施各自的占优战略时，这些占优战略及其收益就构成了该博弈的占优战略均衡。

dominated strategy **劣战略** 在一个博弈中，如果无论对手采取何种战略，一个战略的收益总是高于第二个战略的收益，第二个战略就被第一个战略所占优，我们就称第二个战略为劣战略。

duopoly **双寡头垄断** 一个产业中只有两家企业提供商品，叫做双寡头垄断。

Dutch auction **荷兰式拍卖** 卖家最初给出一个高价，接着价格逐步降低直到有人应价，这种拍卖为荷兰式拍卖。

E

efficiency **有效性** 在投票或者进行资源分配时，与现行的方案相比，没有更受偏好的方案，这时就称投票或者资源分配是有效率的。

efficiency wage **效率工资** 当雇主支付比市场工资更高的工资以期提高产出时，这时雇主支付的工资就称为效率工资。

efficient (Pareto optimum) **有效率（帕累托最优）** 在新古典经济学中曾经提到，在不使其他人的状况变坏的情况下，如果没有人的状况能够得到改善，此时的资源分配就是有效率的，或者说达到了帕累托最优。

empty-core game **空核博弈** 如果某博弈的任何一个联盟结构都不稳定，不存在核，则称之为空核博弈。

English auction **英国式拍卖** 潜在的买者相继出价，且出价是逐步提高的，出价最高者以其所出价格获得该拍卖品，这就是英国式拍卖。

evolutionarily stable strategy **演进稳定战略** 在重复动态博弈中，稳定的纳什均衡称为演进稳定战略。

expected value **期望值** 假设不确定性事件的几种结果具有不一样的收益，则事件的期望值（也叫做数学期望）等于不同收益的加权平均，其中权重为各结果出现的概率。

extensive form **扩展式** 当博弈以树形图形式表示时，称之为扩展式。该模式中，每一树枝节点代表一种策略选择。

F

focal point **焦点** 见谢林点。

folk theorem **大众定理** 受到广泛支持的直觉认为不合作博弈重复进行时，经常带来合作均衡，这就是大众理论。

forgiving trigger **豁免触发** 与冷酷触发战略不同，豁免触发战略是指经过一个阶段之后有可能再次进行合作，如针锋相对战略就是豁免触发战略。

forward induction **前向归纳** 在一些博弈中，参与者能够通过另一个参与者的早期决策推断出一些信息，这是因为博弈嵌套或嵌入在更大的博弈中。这就是前向归纳。

framing **参照系偏差** 当一种决策（如博弈中战略的选择）的制定取决于决策的陈述方式时，那么就说该决策受到了“参照系偏差”的影响。

G

grand coalition **大联盟** 博弈中所有的参与者组成的联盟称为大联盟。

grim trigger **冷酷触发** 这是一种触发战略，参与者的一次不合作将触发另一参与者的永久性不合作。其他的触发战略称作豁免触发（Forgiving Triggers）。

H

heuristic **启发式法则** 解决问题的启发式方法通常快且可靠，但不适用于特殊的场合，具有非正式性和非确定性的特点。

hypercompetitive **超竞争** 如果一个竞争的参与者不仅仅是以其自身利益最大化为目的，而且还努力使其收益与其对手之间的收益之差达到最大化，那么就称该竞争者是超竞争型的。

I

imbedded game **嵌入博弈** 如果嵌套博弈是大博弈的适当子博弈，大博弈达到子博弈完美均衡时，嵌套博弈必须均衡。我们称小博弈嵌入在大博弈中。

indefinitely repeated game **无限重复博弈** 当博弈重复进行，而且终止点不确定时，我们就把这个博弈看作是无限次重复的，博弈序列的子博弈完美均衡就是这个博弈的均衡。

independent private values **私人价值** 竞买者对某件物品的估价就是他为得到该物品而愿意支付的价格。如果他的估价独立于其他竞买者的估价，那么这个拍卖就是私人价值拍卖。

index fund **指数基金** 这是一种股票共同基金，拟和了一揽子股票以表示股票的价格指数。

information set **信息集** 在扩展式博弈中（树形图），决策点和其下的分支被称为一个信息集。

information efficient markets **有效信息市场** 如果一个市场的价格反应了公众所能获得的所有有关投资的风险和收益的信息，那么就称该市场是有效信息市场。

iterated eliminiation of dominated strategy **劣战略反复剔除法** 如果一个博弈存在劣战略，那么通过剔除劣战略所得到的新博弈与原博弈有着相同的纳什均衡。这种剔除过程可以重复进行直至不再存在劣战略。

L

liability **责任** 在法律上，责任规则决定谁对事故负责。在应用中，不同的责任规则将导致不同的纳什均衡。

limiting frequency **极限频率** 重复对某不确定事件进行无限制的反复试验，在每一阶段，用特定方法计算所有事件发生的比例。若所得比例越来越趋近于某极限值，则该极限即为极限频率，它与任何单一试验结果的概率相等。

M

majority **过半数** 得票超过选票总数的一半。

marginal revenue **边际收入** 在不存在差别定价的条件下，垄断企业的边际收入就是削价所能带来的额外收入。

marginal utility **边际效用** 指个人从多增加一个单位商品或服务的消费中所获得的额外效用，若以货币单位衡量，则称之为边际收益。

market equilibrium **市场均衡** 供给量与需求量相等时的价格叫做市场均衡价格，该价格下的商品交易数量叫做均衡数量。

maximin strategy **最大最小战略** 如果我们确定了每一战略可能获得的最小收益，那么这些最小收益中数值最大的收益所对应的战略就是最大最小战略。

maximum **最大值** 当某参与者选择一项特殊战略时，其收益取决于其他参与者的战略选择情况，所有可能收益的最大值叫做该战略的最大收益。

mechanism design **机制设计** 将期望的博弈结果视为给定，试图发现哪些规则可

以使该结果成为纳什均衡解，这就是机制设计。

median voter **中间投票者** 如果一个投票者的单峰偏好比半数减一的投票者高，同时比半数减一的投票者低，那么他就是中间投票者，他的投票是决定性的。

minimax strategy **最小最大战略** 如果我们确定了每一战略可能获得的最大收益，那么这些最大收益中数值最小的收益所对应的战略就是最小最大战略。

minimum **最小值** 当某参与者选择一项特殊战略时，其收益取决于其他参与者的战略选择情况，所有可能收益的最小值分别叫做该战略的最小收益。

mixed strategy **混合战略** 一个或多个参与者根据给定的正概率值选择两种或两种以上的战略所形成的纳什均衡称为混合战略均衡，这种战略就是混合战略。

N

naïve voting **自然投票** 不管结果如何，都投票给第一偏好。

Nash equilibrium **纳什均衡** 在非合作博弈中，当每个参与者都针对他人的战略选择自己的最优反应时，就是纳什均衡。

natural uncertainty **自然的不确定性** 当博弈结果依赖于自然界中的事件而不是理性参与者的行为时，其收益具有的不确定性叫做自然的不确定性。在博弈论中，我们把自然作为参与者，假定自然事件的发生遵循给定概率，以此来引入自然的不确定性。

nested game **嵌套博弈** 如果博弈是一个更大博弈的一部分，小博弈的均衡战略就可能依赖于大博弈。我们称小博弈嵌套在大博弈中。

neutral **中性** 在投票选举中，任何两个选项的排序只取决于投票者对这两个选项的偏好，这种投票机制就是中性的。

New Classical economics **新古典经济学** 是宏观经济学的一个思想学派，其对古典经济学中传统思想进行了重新审视，更加强调货币与有效市场在宏观经济中的作用。

nonconstant-sum game **非常数和博弈** 如果博弈中参与者的战略收益之和不是一个常数，而是随参与者的战略而改变，那么该博弈就是一个非常数和博弈。

noncooperative game and solution **非合作博弈与非合作解** 如果博弈的参与者不能够达成一致的合约以协调彼此的战略，那么该博弈就是非合作博弈。战略缺乏协调的解就是非合作解。纳什均衡是非合作解的最重要的概念。

noncooperative solution **非合作解** 当参与者无法保证他们都实施协调后的战略时，每个人都会假设其他人将选择最优战略，并以此决定自己的最优反应，此时的战略及其收益就是博弈的非合作解。

nondictatorial **非独裁** 在投票选举中，如果没有人可以无视他人的偏好以自己的偏好决定选举的结果，那么该选举就是非独裁的。

nontransferable utility **不可转移的效用** 如果博弈中不能够进行旁支付，就称该博弈具有不可转移的效用。原因可能是参与者的主观收益与货币支付无关。

normal form **标准式** 用表格描述博弈的战略及其收益的形式称为博弈的标准式。

N-person game **多人博弈** 有*N*个人参加的博弈称为多人博弈。*N*可以是1、2、3，或者更大的数值。随着数值的增大我们需要做一些简化的假设，使研究变得可行。

O

one-off game **一次性博弈** 只进行一次的博弈。

opportunity cost **机会成本** 一种商品或服务的机会成本是为了得到该商品或服务所放弃的其他商品或服务的数量。货币成

本是用货币度量的机会成本。边际成本是销售额外一单位商品所产生的成本，通常指供给曲线上相应的价格。

ordinal number **序数** 不以数量，而是以次序表达的数字，叫做序数，如第一、第二、第三，等等。

P

payoff dominant and risk dominant equilibria **收益占优均衡和风险占优均衡** 如果存在一个以上的纳什均衡，而且其中一个纳什均衡的收益比其他的多，那么这个均衡称为收益占优均衡。如果存在一均衡使参与者所受的损失最小，这个均衡称为风险占优均衡。

payoff table **收益矩阵** 收益矩阵是这样一种矩阵，其两边空白处为两个或三个参与者的策略，矩阵中央的数字为参与者的收益值。每一策略对应着一行或一列，收益值为不同策略组合对应的结果。

plurality **多数票** 比所有其他候选人或选项得到的票数多。

population game **种群博弈** 如果一个种群的个体随机组合进行博弈，并且采用不同的方式和不同的战略，那么整个序列过程就会形成一个种群博弈。

pork-barrel politics **猪肉桶政治** 指议员串通把联邦资金拨给自己的选区，而无视公共利益。

preference voting **偏好投票** 投票者投票给多个候选人或选项，并根据偏好把他们排序。

price discrimination **差别定价** 当产品以不同价格出售，无论是卖给不同的消费者，还是同一消费者，都叫做差别定价。

probability **概率** 是不确定性事件某一结果出现可能性的数字量度，如果该事件可以重复进行无限多次，则概率与极限频率一致。

product differentiation **产品差异化** 当不同企业销售不具有完全替代性的产品或服务时，会把产品差异作为促进销量的一种重要的市场战略，我们称之为产品差异化。

proper subgame **适当子博弈** 只是完整博弈一部分的子博弈。

proportional game **比例博弈** 在含有代表性经济人的多人博弈中（N值很大），状态变量是参与者选择某一战略的比例，那么该博弈就是比例博弈。

pure strategy **纯战略** 每一个标准式博弈都可以通过一些战略及其相应收益来进行说明，这些战略就是博弈中的纯战略。

pure strict liability **无过失责任** 无过失责任的法律条例规定，如果当事人采取了某一行为，那么他要为任何事故承担责任。如驾驶一辆汽车，不论有无过失，驾驶者都需要对车祸负责任。

pursuit game **追逐博弈** 追逐博弈是指一个人追赶另一个人以期控制对方的一种两人博弈。被追者的目的是保持与追逐者尽量远的距离，以避免受到追逐者的伤害。在经典的追逐博弈里，每个参与者的战略是选择各自的速度和行进方向。因为这些是不断变化的，所以追逐博弈要用微分方程式来表达。

R

randomize **随机化** 参与者选择混合战略就是在使其战略随机化。

reaction function **反应函数** 在古诺均衡中，一个企业满足其利润最大化的产量可以用关于另一企业的产量的函数式表示，这种函数关系式就是反应函数。

reciprocity **互惠** 人们放弃了自利的理性准则，而去对一个善行或恶为做出回应。

refinement of Nash equilibrium **纳什均衡的精炼** 在一个具有两个或多个纳什均衡的博弈中，我们需要根据最佳反应的其他方面的理性标准确定最有可能发生的一个均衡，该过程称为对纳什均衡的精炼。一些重要的精炼方式有收益占优、风险占优、颤抖的手以及子博弈完美均衡。稳定的联盟形式也是对纳什均衡的

一种重要的精炼方式。

repeated game **重复博弈** 当博弈重复进行时，我们必须把序列作为一个整体分析，序列的子博弈完美均衡就是博弈的均衡。

replicator dynamics **复制动态博弈** 在重复动态的种群博弈中，每一类小种群数量相对于整体数量的增加和减少与该种类所采取战略的收益相对于种群平均收益的增减成比例。

representative agent **代表性经济人** 代表性经济人是博弈论中的一个简化假设。在给定的情况下，代表性经济人可以在相同的一系列战略里进行选择并得到相同的收益。这被称为代表性经济人模型或者理论。

reveal **显示** 成功的机制设计应当能够激励人们显示拥有的信息，而这些信息正是设计者和权力机构所缺乏的。

risk averse **风险厌恶** 若一个人在面对一个安全但低期望值的收益机会和一个高风险但高期望值的收益机会时，选择前者，则说明此人是厌恶风险型的。若他选择风险较大且期望值高的收益机会，则他是风险偏好型的。若他只是选择期望值较高的，则他是风险中立型的。

runoff election **复选** 如果在第一轮选举中没有选项得票超过半数，就举行第二轮投票。第二轮投票的选项是第一轮得票较多的几个选项，如此重复进行，直到得票非常少的选项被淘汰出局。

S

Schelling point **谢林点** 在协调博弈中，如果某个线索使参与者相信某个均衡比其他均衡更可能发生，那么这个更可能发生的均衡称为谢林点。

sealed-bid auction **密封拍卖** 竞拍者同时出价的拍卖称为密封拍卖，其中一方无法得知另一方的出价。

second-price auction **第二价格拍卖** 出价最高的人以第二最高出价获得拍卖品，即为第二价格拍卖。它可以是密封拍卖，也可以是增价式的序贯拍卖。

side payment **旁支付** 为了保证没有任何一个联盟成员会因采用联盟这一协调战略而遭受损失，联盟中的一个成员向另一成员转移部分收益，这种转移叫做旁支付。

single-peaked preference **单峰偏好** 如果在一定范围内，每个投票者的偏好都先上升到“最大”，接着下降，那么投票者的偏好就被称作单峰偏好。

singleton coalition **单人联盟** 合作博弈中，单独行事的一个参与者。

social dilemma **社会两难** 如果博弈存在占优战略均衡，并且该占优战略均衡与博弈的合作解不同，那么该博弈就是一个社会两难问题。

solution set **解集** 在允许旁支付的合作博弈中，解集由所有相互协调的战略、收益和旁支付组成，解集中的解能够使参与者的收益之和最大。

state variable **状态变量** 在微分博弈中，状态变量指的是一个单一的数值，或者是一些可以描述博弈状态的数值里的一个，所以参与者只要知道状态变量的值就可以选出最佳反应战略。在本书中，该术语用于指N人博弈中的变量。

strategic voting **战略性投票** 如果投票者为了改善投票结果，不投第一偏好而是其他偏好，就是战略性投票。

strategically equivalent **战略等价** 如果两种拍卖具有相同的战略和均衡，就认为这两种拍卖形式是战略等价的。

strongly fominated strategy **强劣战略** 当一个战略的收益严格大于第二个战略时，无论其他参与者怎样选择，第二个战略都强劣于第一个，因此第二个战略被称为强劣战略。

subgame **子博弈** 一个博弈的子博弈包括从完整信息节点引出的所有节点和相应的收益。如果子博弈只是博弈的一部分(不是全部)，那么称之为适当子博弈。

subgame perfect equi-librium 子博弈完美均衡 在扩展式博弈中，如果每个子博弈都实现了纳什均衡，则称之为子博弈完美均衡。

T

tacit collusion 缄默性合谋 当一种产品或一组具有替代性的产品的销售商把价格维持在可获得垄断利润的价格水平时，称为合谋。如果他们不是通过明确的协议来维持价格，那么，他们的合谋就是缄默性的，称作缄默性合谋。

tattonement 试算法 在经济学中，法语词Tattonement指的是市场价格的决定过程，类似于一个双方参与的拍卖过程。

Tit-for-Tat 针锋相对 博弈理论中，针锋相对是指参与者在参与重复社会难题或类似博弈时所选择的一种规则，在对手"背叛"前，选择"合作"；否则选择"背叛"。

tragedy of the commons 公地悲剧 这是一个涉及环境政策及其相关领域的例子。例子源于中世纪村民在公共牧场共同放牧的事实。根据例子可知，他们没有限制牲畜的数量的意识，造成了过度放牧。结论就是，公共资源总是容易被过度使用。

transferable utility 转移效用 如果主观收益与货币紧密地结合在一起，并且货币转移可以调整联盟成员内部的收益，则该博弈具有转移效用。旁支付往往存在于具有转移效用的博弈中，不会在没有转移效用的博弈中出现。

trembling hand 颤抖手 如果参与者有很小的可能做出错误的选择，该参与者就被称为具有"颤抖手"。在存在多个纳什均衡的博弈中，当参与者们有"颤抖手"时，有些均衡可能会无法实现，因此，我们就可以通过剔除这些均衡对纳什均衡进行精炼。

trigger strategy 触发战略 这是参与者在无限重复博弈的单轮博弈中选择战略的一种规则。受害者通过一轮或多轮的不合作报复另一参与者在本轮的不合作。

tripwire 绊线 在扩展式博弈中，如果参与者选择绊线战略就将遭到其他参与者的报复。该词汇曾经用于形容冷战时期（1949~1989）美国军事力量的发展，也适用于西德和南朝鲜的情况。

U

utility 效用 是对个人从商品、服务、收入或者盈利中获得的主观满意程度的定量。

W

weakly dominated strategy 弱劣战略 当一个战略的收益不少于第二个战略，或者偶尔会大于第二个战略的收益时，无论其他参与者怎样选择，第二个战略弱劣于第一个战略，因此第二个战略被称作是弱劣战略。

Z

zero-sum game 零和博弈 在零和博弈中，参与者的收益之和总为零。也就是说，某参与者的收益减少，其他参与者的收益必然会增加。

PDG

[General Information]
书名：博弈论　战略分析入门
作者：（美）麦凯恩（McCain，R.A.）著；原毅军等译
页数：273
出版社：北京市：机械工业出版社
出版日期：2006.05
简介：本书主要针对非经济学专业学生而编写，是一本全面介绍博弈论的具有指导意义的书籍。本书以基础性知识作为重点，以清晰的思路和简洁明了的方法阐述了博弈论知识及其应用，并覆盖了所涉及到的各个学科。其中，案例是一种重要的讲解工具，它不仅使概念的引出更加生动，而且……
主题词：对策论（学科：　教材）
SS号：11592435
DX号：000006021010
http://book2.duxiu.com/bookDetail.jsp?dxNumber=000006021010&d=36B76BD5C0C7A931CADC15781405965D&fenlei=13011404&sw=%B2%A9%DE%C4%C2%DB%D5%BD%C2%D4%B7%D6%CE%F6%C8%EB%C3%C5